



TUGAS AKHIR - K141502

# PENGEMBANGAN MODEL SISTEM SIMULASI DINAMIS UNTUK PERENCANAAN KEBUTUHAN DAN PASOKAN ENERGI LISTRIK PADA SEKTOR FASILITAS UMUM DAN SOSIAL STUDI KASUS JAWA TIMUR

ARDHYA PERDANA PUTRA  
NRP 5112100187

Dosen Pembimbing  
Prof. Drs. Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.Sc., Ph.D  
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016





**TUGAS AKHIR - K141502**

# **PENGEMBANGAN MODEL SISTEM SIMULASI DINAMIS UNTUK PERENCANAAN KEBUTUHAN DAN PASOKAN ENERGI LISTRIK PADA SEKTOR FASILITAS UMUM DAN SOSIAL STUDI KASUS JAWA TIMUR**

**ARDHYA PERDANA PUTRA**  
NRP 5112100187

Dosen Pembimbing  
Prof. Drs. Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.Sc., Ph.D  
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*



FINAL PROJECT - K141502

***DYNAMICS SIMULATION MODEL OF DEMAND  
AND SUPPLY ELECTRICITY ENERGY PUBLIK  
FACILITIES AND SOSIAL SEKTOR CASE STUDY  
EAST JAVA***

ARDHYA PERDANA PUTRA  
NRP 5112100187

Supervisor  
Prof. Drs. Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.Sc., Ph.D  
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

DEPARTMENT OF INFORMATICS  
Faculty of Information Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## LEMBAR PENGESAHAN

### **PENGEMBANGAN MODEL SISTEM SIMULASI DINAMIS UNTUK PERENCANAAN KEBUTUHAN DAN PASOKAN ENERGI LISTRIK PADA SEKTOR FASILITAS UMUM DAN SOSIAL STUDI KASUS JAWA TIMUR**

### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
pada  
Rumpun Mata Kuliah Manajemen Informatika  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Informatika  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

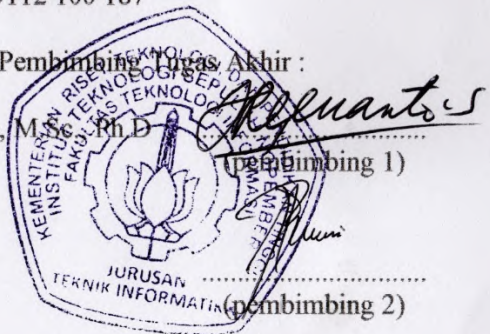
**ARDHYA PERDANA PUTRA**

NRP : 5112 100 187

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Prof. Drs. Ec. Ir. Riyanarto Sarno, M.Sc., Ph.D  
NIP: 195908031986011001

Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D  
NIP: 197004272005012001



**SURABAYA  
JUNI 2016**

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*



# **PENGEMBANGAN MODEL SISTEM SIMULASI DINAMIS UNTUK PERENCANAAN KEBUTUHAN DAN PASOKAN ENERGI LISTRIK PADA SEKTOR FASILITAS UMUM DAN SOSIAL STUDI KASUS JAWA TIMUR**

Nama Mahasiswa : Ardhya Perdana Putra  
NRP : 5121 100 187  
Jurusan : Teknik Informatika FTIf-ITS  
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Drs. Ec. Ir. Rianarto Sarno,  
M.Sc., Ph.D  
Dosen Pembimbing 2 : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

## **ABSTRAK**

*Energi listrik merupakan salah satu faktor penting dalam pembangunan bagi setiap bangsa termasuk Indonesia. Energi listrik memiliki peran penting dalam pembangunan baik dalam aspek ekonomi maupun sosial. Perbaikan layanan energi listrik akan membawa banyak sekali keuntungan-keuntungan baik dalam bidang ekonomi maupun sosial. Mengingat begitu besar dan pentingnya manfaat energi listrik sedangkan sumber energi pembangkit listrik terutama yang berasal dari sumber daya tak terbarui keberadaannya terbatas, maka untuk menjaga kelestarian sumber energi ini perlu diupayakan langkah-langkah strategis yang dapat menunjang penyediaan energi listrik secara optimal dan terjangkau.*

*Tugas akhir ini membahas bagaimana pemodelan dinamis dapat membantu menghasilkan skenario konsumsi listrik masa depan. Pemodelan ini mempelajari struktur sistem yang kompleks dan untuk menguji skenario yang berbeda-beda serta besar jumlah variabel, yang mempengaruhi perilaku, dapat*

*dipertimbangkan. Produsen listrik, pemasok, dan distributor membutuhkan pengetahuan dari total konsumsi untuk mendukung bisnis mereka, misalnya keputusan investasi gardu induk baru.*

*Dari hasil pemodelan dan simulasi diperoleh untuk menganalisa permintaan energi listrik sektor sosial dan publik berdasarkan kondisi saat ini dan memprediksi permintaan listrik dibidang sosial dan publik di masa depan serta bagaimana ketersediaan listrik di masa depan.*

***Kata kunci: Simulasi Dinamis, Energi Listrik, Sosial dan Publik, Ekonometri.***

# **DYNAMICS SIMULATION MODEL OF DEMAND AND SUPPLY ELECTRICITY ENERGY PUBLIC FACILITIES AND SOSIAL SEKTOR CASE STUDY EAST JAVA**

Student Name : Ardhya Perdana Putra  
Student ID : 5121 100 187  
Major : Informatics Department FTIf-ITS  
Advisor 1 : Prof. Drs. Ec. Ir. Rivanarto Sarno, M.Sc., Ph.D  
Advisor 2 : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

## **ABSTRACT**

*Electrical energy is one important factor in the development of every nation, including Indonesia. Electrical energy has an important role in the development of both the economic and sosial aspects. Repair services of electrical energy will bring a lot of benefits both in the economic and sosial. Remember so large and important energy benefits of electricity while the power generation energy sources, especially those from non renewable resource limited presence, and to ensure the sustainability of energy sources is necessary pursued strategic steps to support the provision of electrical energy in an optimal and affordable.*

*This thesis explores how dynamic modeling can help generate future scenarios of electricity consumption. This modeling study the structure of complex systems and to test different scenarios. Also a large number of variables, which affect the behavior could be considered. Power producers, suppliers and distributors requires knowledge of the total consumption to support their business, such as investment decisions of new substations.*

*Modeling and simulation of the results obtained to analyze the electrical energy demand social and public sector based on current conditions and forecast electricity demand in*

*the field of social and public in the future and how the availability of electricity in the future.*

***Keywords: Dynamic Simulation, Energy, Social and Public, Econometrics.***

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul:

### **PENGEMBANGAN MODEL SISTEM SIMULASI DINAMIS UNTUK PERENCANAAN KEBUTUHAN DAN PASOKAN ENERGI LISTRIK PADA SEKTOR FASILITAS UMUM DAN SOSIAL STUDI KASUS JAWA TIMUR**

Melalui lembar ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih dan penghormatan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala nikmat dan rahmat yang telah diberikan selama ini.
2. Kedua orang tua penulis, Mulyata dan Kuspriati yang selalu memberikan dukungan penuh untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Saudara kandung penulis, Deffa Adela Putri yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis dalam menuntut ilmu hingga detik ini.
4. Bapak Riyanarto Sarno dan Ibu Erma Suryani selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan meluangkan waktunya untuk membantu pengerjaan tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Informatika ITS yang telah banyak menyampaikan ilmu dan bimbingan yang tak ternilai harganya bagi penulis.
6. Teman-teman angkatan 2012 Jurusan Teknik Informatika ITS, khususnya C1C yang telah menjadi teman seperjuangan dalam suka dan duka selama 4 tahun penulis menjalani kuliah.
7. Teman-teman satu kontrakan, Satriya, Ifan, Fandy, Metana, Wahyu, Dimas, dan Hafidh (Alm) yang selalu menemani

serta memberikan motivasi kepada penulis selama berada di Surabaya.

8. Teman-teman kerja praktek Jogja Ceria yang selalu memberikan masukan kepada penulis.
9. Teman-teman UKM Merpati Putih, PAMOR, dan RTD FTIF 2014 yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
10. Serta pihak-pihak lain yang namanya tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Bagaimanapun juga penulis telah berusaha sebaik-baiknya dalam menyusun tugas akhir ini, namun penulis mohon maaf apabila terdapat kekurangan yang penulis lakukan. Kritik dan saran yang membangun dapat disampaikan sebagai bahan perbaikan selanjutnya.

Surabaya, Juni 2016

Ardhya Perdana Putra

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxiii
DAFTAR KODE SUMBER.....	xxix
DAFTAR PERSAMAAN .....	xxxix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Tujuan .....	5
1.3    Rumusan Permasalahan .....	6
1.4    Batasan Permasalahan .....	6
1.5    Manfaat .....	6
1.6    Sistematika Penulisan .....	7
BAB II DASAR TEORI.....	9
2.1    Kondisi Sektor Umum dan Sosial.....	9
2.2    Metode Simulasi Dinamis.....	12
2.3    Metode Ekonometrik .....	15
2.4    DKL (Dokumentasi Simulasi Proyeksi Kebutuhan Listrik) 3.2.....	16
2.5    Data-data PT PLN P3B, PLN Distribusi, dan BPS .....	17
2.5.1    Data Gardu Induk Jatim.....	17
2.5.2    Data Demand Sosial dan Publik Jawa Timur .....	19
2.5.3    RUPTL .....	21
2.5.4    PDRB .....	22
2.6    Tools yang digunakan.....	24
2.6.1    Vensim .....	24

2.6.2	Matlab 2013.....	25
2.6.3	Minitab 17 .....	25
2.6.4	Microsoft Excel 2013 .....	26
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>		<b>27</b>
3.1	Gambaran Umum Sistem.....	27
3.2	Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir .....	29
3.3	Penjelasan Tahapan Pengerjaan .....	30
3.3.1	Studi literatur .....	30
3.3.2	Tahap Pemahaman Sistem .....	30
3.3.3	Observasi Lokasi Penelitian dan Pengumpulan Data .....	30
3.3.4	Pembuatan Model Causal Loop Diagram (CLD) .....	30
3.3.5	Pengolahan Data .....	31
3.3.6	Tahap Penentuan Ekuasi.....	31
3.3.7	Tahap Pembuatan Model .....	31
3.3.8	Tahap Validasi .....	32
3.3.9	Pembuatan Skenario .....	32
3.3.10	Perbandingan dengan metode DKL 3.2 .....	32
3.3.11	Analisis dan kesimpulan .....	32
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>34</b>
4.1	Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	34
4.1.1	Pengolahan Data Supply .....	34
4.1.2	Pengolahan Data Demand.....	36
4.1.3	Pengolahan Data PDRB.....	37
4.2	Pemahaman Sistem.....	39
4.3	Pemodelan Causal Loop Diagram .....	42
4.3.1	Hubungan Sebab Akibat Bagian Supply .....	42
4.3.2	Hubungan Sebab Akibat Bagian Demand.....	43



4.3.3	Hubungan Sebab Akibat Penambahan Daya Listrik	44
4.4	Pemodelan Diagram Stock and Flow.....	45
4.4.1	Supply Jatim .....	46
4.4.2	PDRB Sosial dan Publik .....	50
4.4.3	Perhitungan Ekonometrik Sosial dan Publik.....	62
4.4.4	Demand APJ Bojonegoro .....	65
4.4.5	Demand APJ Surabaya Utara.....	77
4.4.6	Demand APJ Mojokerto .....	88
4.4.7	Demand Total Jatim.....	100
4.5	Validasi .....	111
4.5.1	Validasi Demand APJ Bojonegoro .....	113
4.5.2	Validasi Demand APJ Surabaya Utara .....	117
4.5.3	Validasi Demand APJ Mojokerto .....	121
4.5.4	Validasi Demand Total Jatim.....	125
4.6	Skenario.....	129
4.6.1	Skenario APJ Bojonegoro.....	131
4.6.2	Skenario APJ Surabaya Utara .....	134
4.6.3	Skenario APJ Mojokerto.....	137
4.6.4	Skenario Total Jatim .....	140
4.7	Pembahasan Skenario .....	143
4.7.1	Pembahasan Skenario APJ BJB.....	144
4.7.2	Pembahasan Skenario APJ SBU .....	146
4.7.3	Pembahasan Skenario APJ MJK.....	148
4.7.4	Pembahasan Skenario APJ Jatim .....	150
4.8	Perbandingan Metode Simulasi Dinamis dengan DKL	
3.2	152	

4.8.1	APJ BJG .....	153
4.8.2	APJ SBU.....	153
4.8.3	APJ MJK .....	154
4.8.4	Jawa Timur .....	155
4.8.5	Hasil Perbandingan Metode.....	156
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		159
5.1	Kesimpulan.....	159
5.2	Saran.....	159
DAFTAR PUSTAKA .....		161
DAFTAR SIMBOL.....		163
LAMPIRAN.....		165
BIODATA PENULIS .....		171

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Penjualan Tenaga Listrik PLN per Sektor Pelanggan Tahun 2007-2012 .....	2
Gambar 1.2 Jumlah Pelanggan PLN per Sektor Tahun 2013.....	4
Gambar 2.1 Persentase Pemakaian Listrik Setiap Sektor Indonesia .....	10
Gambar 2.2 Macam-Macam Variabel .....	14
Gambar 2.3 Peta Jaringan Kelistrikan di Jawa Timur.....	21
Gambar 2.4 Pertumbuhan Beberapa Usaha di Jawa Timur Tahun 2014 .....	23
Gambar 3.1 Bentuk Model Secara Umum dan Pembagian Pengerjaan.....	27
Gambar 3.2 Gambaran Umum Sistem.....	28
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	29
Gambar 4.1 Sudut Fasa Daya Aktif Reaktif Listrik.....	41
Gambar 4.2 Causal Loop Diagram Bagian Supply.....	42
Gambar 4.3 Causal Loop Diagram Bagian Demand.....	43
Gambar 4.4 Causal Loop Diagram GI dan Power Expansion .....	44
Gambar 4.5 Contoh Supply pada APJ Tertentu .....	47
Gambar 4.6 Supply Total Seluruh Jawa Timur .....	49
Gambar 4.7 Curve Fitting PDRB Sosial dan Publik .....	52
Gambar 4.8 Model PDRB Jasa Sosial dan Kemasyarakatan .....	53
Gambar 4.9 Model PDRB Angkutan.....	55
Gambar 4.10 Model PDRB Bank .....	57
Gambar 4.11 Model PDRB Lembaga keuangan bukan bank .....	59
Gambar 4.12 Model PDRB Pemerintahan Umum.....	61
Gambar 4.13 Contoh List Data Pertumbuhan Persentase untuk Mencari Persamaan Ekonometrik.....	63
Gambar 4.14 Tampilan pada Menu Fit Model.....	63
Gambar 4.15 Hasil Perhitungan Persamaan Ekonometrik .....	64
Gambar 4.16 Model Penggunaan Listrik Sektor Sosial APJ BJJ .....	65

Gambar 4.17 Model Penggunaan Listrik Sektor Publik APJ BJG .....	68
Gambar 4.18 Total Demand Sosial dan Publik APJ BJG .....	71
Gambar 4.19 Grafik Base Model Total Demand Sosial and Publik APJ BJG.....	72
Gambar 4.20 Daya Langgan Sosial dan Publik APJ BJG.....	72
Gambar 4.21 Grafik Base Model Daya Langgan Sosial dan Publik APJ BJG.....	73
Gambar 4.22 Model Persentase Penggunaan Daya Listrik APJ BJG .....	74
Gambar 4.23 Grafik Pemakaian Listrik APJ BJG .....	75
Gambar 4.24 Kekurangan Daya Listrik APJ BJG .....	76
Gambar 4.25 Model Penggunaan Listrik Sektor Sosial APJ SBU .....	77
Gambar 4.26 Model Penggunaan Listrik Sektor Publik APJ SBU .....	80
Gambar 4.27 Total Demand Sosial dan Publik APJ SBU.....	83
Gambar 4.28 Grafik Base Model Total Demand Sosial and Publik APJ SBU .....	84
Gambar 4.29 Daya Langgan Sosial dan Publik APJ SBU .....	84
Gambar 4.30 Grafik Base Model Daya Langgan Sosial and Publik APJ SBU .....	85
Gambar 4.31 Model Persentase Penggunaan Daya Listrik APJ SBU.....	86
Gambar 4.32 Grafik Pemakaian Listrik APJ SBU.....	87
Gambar 4.33 Kekurangan Daya Listrik APJ SBU.....	87
Gambar 4.34 Model Penggunaan Listrik Sektor Sosial APJ MJK .....	89
Gambar 4.35 Model Penggunaan Listrik Sektor Publik APJ MJK .....	91
Gambar 4.36 Total Demand Sosial dan Publik APJ MJK .....	94
Gambar 4.37 Grafik Base Model Total Demand Sosial dan Publik APJ MJK.....	95
Gambar 4.38 Daya Langgan Sosial dan Publik APJ MJK.....	96

Gambar 4.39 Grafik Base Model Daya Langgan Sosial dan Publik APJ MJK.....	97
Gambar 4.40 Model Persentase Penggunaan Daya Listrik APJ MJK .....	97
Gambar 4.41 Grafik Pemakaian Listrik APJ Mojokerto.....	98
Gambar 4.42 Kekurangan Daya Listrik APJ MJK .....	99
Gambar 4.43 Model Penggunaan Listrik Sektor Sosial Jatim...	100
Gambar 4.44 Model Penggunaan Listrik Sektor Publik Jatim..	103
Gambar 4.45 Total Demand Sosial dan Publik Jatim .....	106
Gambar 4.46 Grafik Base Model Total Demand Sosial dan Publik Jatim.....	107
Gambar 4.47 Daya Langgan Sosial dan Publik Jatim.....	108
Gambar 4.48 Grafik Base Model Daya Langgan Sosial dan Publik Jatim.....	109
Gambar 4.49 Model Persentase Penggunaan Daya Listrik Jatim .....	109
Gambar 4.50 Grafik Pemakaian Listrik Jatim .....	110
Gambar 4.51 Kekurangan Daya Listrik Jatim .....	111
Gambar 4.52 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial APJ BJB.....	114
Gambar 4.53 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Publik APJ BJB .....	115
Gambar 4.54 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ BJB.....	116
Gambar 4.55 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial dan Publik APJ BJB.....	117
Gambar 4.56 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial APJ SBU .....	118
Gambar 4.57 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Publik APJ SBU.....	119
Gambar 4.58 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ SBU .....	120
Gambar 4.59 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial dan Publik APJ SBU .....	121

Gambar 4.60 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial APJ MJK.....	122
Gambar 4.61 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Publik APJ MJK .....	123
Gambar 4.62 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ MJK.....	124
Gambar 4.63 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial dan Publik APJ MJK .....	125
Gambar 4.64 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial Jatim .....	126
Gambar 4.65 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Publik Jatim .....	127
Gambar 4.66 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Daya Terpasang Sosial dan Publik Jatim.....	128
Gambar 4.67 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial dan Publik Jatim .....	129
Gambar 4.68 Skenario Tarif S-2 APJ BJK .....	131
Gambar 4.69 Skenario Tarif S-3 APJ BJK .....	132
Gambar 4.70 Skenario Tarif P-1 APJ BJK .....	132
Gambar 4.71 Skenario Tarif P-2 APJ BJK .....	133
Gambar 4.72 Skenario Tarif P-3 APJ BJK .....	133
Gambar 4.73 Skenario Total Sosial dan Publik APJ BJK.....	134
Gambar 4.74 Skenario Tarif S-2 APJ SBU .....	134
Gambar 4.75 Skenario Tarif S-3 APJ SBU .....	135
Gambar 4.76 Skenario Tarif P-1 APJ SBU .....	135
Gambar 4.77 Skenario Tarif P-2 APJ SBU .....	136
Gambar 4.78 Skenario Tarif P-3 APJ SBU .....	136
Gambar 4.79 Skenario Total Sosial dan Publik APJ SBU.....	137
Gambar 4.80 Skenario Tarif S-2 APJ MJK .....	137
Gambar 4.81 Skenario Tarif S-3 APJ MJK .....	138
Gambar 4.82 Skenario Tarif P-1 APJ MJK .....	138
Gambar 4.83 Skenario Tarif P-2 APJ MJK .....	139
Gambar 4.84 Skenario Tarif P-3 APJ MJK .....	139
Gambar 4.85 Skenario Total Sosial dan Publik APJ MJK.....	140
Gambar 4.86 Skenario Tarif S-1 Jatim .....	140

Gambar 4.87 Skenario Tarif S-2 Jatim .....	141
Gambar 4.88 Skenario Tarif S-3 Jatim .....	141
Gambar 4.89 Skenario Tarif P-1 Jatim .....	142
Gambar 4.90 Skenario Tarif P-2 Jatim .....	142
Gambar 4.91 Skenario Tarif P-3 Jatim .....	143
Gambar 4.92 Skenario Total Demand Sosial dan Publik Jatim	143
Gambar 4.93 Skenario <i>Supply</i> APJ BJG.....	145
Gambar 4.94 Skenario Supply APJ SBU.....	147
Gambar 4.95 Skenario Supply APJ MJK .....	149
Gambar 4.96 Skenario Supply Jawa Timur .....	151
Gambar 4.97 Perbandingan Grafik Data Tiga Kondisi Model APJ BJG .....	153
Gambar 4.98 Perbandingan Grafik Data Tiga Kondisi Model APJ SBU.....	154
Gambar 4.99 Perbandingan Grafik Data Tiga Kondisi Model APJ MJK .....	155
Gambar 4.100 Perbandingan Grafik Data Tiga Kondisi Model Jawa Timur.....	156

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data List Gardu Induk di Jawa Timur .....	17
Tabel 2.2 Contoh Data Gardu Induk dari PLN .....	19
Tabel 2.3 16 Area Pelayanan Jaringan (APJ) Jawa Timur.....	20
Tabel 2.4 Contoh data Demand dari PLN dalam kWh .....	20
Tabel 2.5 Contoh data PDRB pada bidang tertentu .....	24
Tabel 4.1 Gardu Induk APJ BJB .....	35
Tabel 4.2. Gardu Induk APJ MJK .....	35
Tabel 4.3. Gardu Induk APJ SBU .....	36
Tabel 4.4 Keterangan Setiap Tarif .....	37
Tabel 4.5 Contoh Data PDRB dari BPS Tahun 2012 Dalam Juta Rupiah .....	38
Tabel 4.6 Pemetaan PDRB Terhadap Tarif .....	39
Tabel 4.7 <i>Time Bound</i> pada Base Model.....	45
Tabel 4.8 Auxiliary Total Power GI .....	47
Tabel 4.9 Auxiliary Percentage of GI X Power to APJ X.....	48
Tabel 4.10 Auxiliary Power Distribution GI X to APJ X .....	48
Tabel 4.11 Auxiliary Supply Jatim .....	50
Tabel 4.12 Persentase Kenaikan PDRB per Triwulan .....	51
Tabel 4.13 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Jasa Sosial dan Kemasyarakatan .....	53
Tabel 4.14 Rate PDRB Jasa Sosial dan Kemasyarakatan .....	54
Tabel 4.15 Level PDRB Jasa Sosial dan Kemasyarakatan .....	54
Tabel 4.16 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Angkutan.....	55
Tabel 4.17 Rate PDRB Angkutan.....	56
Tabel 4.18 Level PDRB Angkutan .....	56
Tabel 4.19 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Bank .....	57
Tabel 4.20 Rate PDRB Bank.....	58
Tabel 4.21 Level PDRB Bank .....	58
Tabel 4.22 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Lembaga keuangan Bukan Bank .....	59
Tabel 4.23 Rate PDRB Lembaga Keuangan Bukan Bank .....	59
Tabel 4.24 Level PDRB Lembaga Keuangan Bukan Bank .....	60

Tabel 4.25 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Pemerintahan Umum .....	61
Tabel 4.26 Rate PDRB Pemerintahan Umum.....	61
Tabel 4.27 Level PDRB Pemerintahan Umum.....	62
Tabel 4.28 Persamaan Ekonometrik Sektor Sosial APJ BJB.....	66
Tabel 4.29 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Sosial APJ BJB .....	66
Tabel 4.30 Level Tarif S-2 APJ BJB.....	66
Tabel 4.31 Level Tarif S-3 APJ BJB.....	67
Tabel 4.32 Auxiliary Total Demand Sosial APJ BJB.....	67
Tabel 4.33 Persamaan Ekonometrik Sektor Publik APJ BJB .....	68
Tabel 4.34 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Publik APJ BJB.....	69
Tabel 4.35 Level Tarif P-1 APJ BJB.....	69
Tabel 4.36 Level Tarif P-2 APJ BJB.....	70
Tabel 4.37 Level Tarif P-3 APJ BJB.....	70
Tabel 4.38 Auxiliary Total Demand Publik APJ BJB .....	70
Tabel 4.39 Auxiliary Total Demand Sosial dan Publik APJ BJB.....	71
Tabel 4.40 Auxiliary Daya Langgan Sosial dan Publik APJ BJB .....	73
Tabel 4.41 Auxiliary Utilisasi Penggunaan Daya Listrik APJ BJB .....	75
Tabel 4.42 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik APJ BJB.....	76
Tabel 4.43 Persamaan Ekonometrik Sektor Sosial APJ SBU .....	78
Tabel 4.44 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Sosial APJ SBU.....	78
Tabel 4.45 Level Tarif S-2 APJ SBU .....	78
Tabel 4.46 Level Tarif S-3 APJ SBU .....	79
Tabel 4.47 Auxiliary Total Demand Sosial APJ SBU .....	79
Tabel 4.48 Persamaan Ekonometrik Sektor Publik APJ SBU .....	80
Tabel 4.49 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Publik APJ SBU.....	81
Tabel 4.50 Level Tarif P-1 APJ SBU .....	81
Tabel 4.51 Level Tarif P-2 APJ SBU .....	82
Tabel 4.52 Level Tarif P-3 APJ SBU .....	82
Tabel 4.53 Auxiliary Total Demand Publik APJ SBU .....	82
Tabel 4.54 Auxiliary Total Demand Sosial dan Publik APJ BJB.....	83
Tabel 4.55 Auxiliary Daya Langgan Sosial dan Publik APJ SBU .....	85

Tabel 4.56 Auxiliary utilisasi penggunaan daya listrik APJ SBU .....	86
Tabel 4.57 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik APJ SBU .....	88
Tabel 4.58 Persamaan Ekonometrik Sektor Sosial APJ MJK.....	89
Tabel 4.59 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Sosial APJ MJK .....	90
Tabel 4.60 Level Tarif S-2 APJ MJK.....	90
Tabel 4.61 Level Tarif S-3 APJ MJK.....	90
Tabel 4.62 Auxiliary Total Demand Sosial APJ MJK.....	91
Tabel 4.63 Persamaan Ekonometrik Sektor Publik APJ MJK ....	92
Tabel 4.64 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Publik APJ SBU .....	92
Tabel 4.65 Level Tarif P-1 APJ MJK.....	93
Tabel 4.66 Level Tarif P-2 APJ MJK.....	93
Tabel 4.67 Level Tarif P-3 APJ MJK.....	93
Tabel 4.68 Auxiliary Total Demand Publik APJ MJK .....	94
Tabel 4.69 Auxiliary Total Demand Sosial dan Publik APJ MJK .....	95
Tabel 4.70 Auxiliary Daya Langgan Sosial dan Publik APJ MJK .....	96
Tabel 4.71 Auxiliary Utilisasi Penggunaan Daya Listrik APJ SBU .....	98
Tabel 4.72 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik APJ MJK .....	99
Tabel 4.73 Persamaan Ekonometrik Sektor Sosial Jatim.....	101
Tabel 4.74 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Sosial Jatim .....	101
Tabel 4.75 Level Tarif S-1 Jatim.....	101
Tabel 4.76 Level Tarif S-2 Jatim.....	102
Tabel 4.77 Level Tarif S-3 Jatim.....	102
Tabel 4.78 Auxiliary Total Demand Sosial Jatim.....	102
Tabel 4.79 Persamaan Ekonometrik Sektor Publik Jatim .....	103
Tabel 4.80 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Publik Jatim.....	104
Tabel 4.81 Level Tarif P-1 Jatim.....	104
Tabel 4.82 Level Tarif P-2 Jatim .....	105
Tabel 4.83 Level Tarif P-3 Jatim .....	105
Tabel 4.84 Auxiliary Total Demand Publik Jatim .....	105
Tabel 4.85 Auxiliary Total Demand Sosial dan Publik Jatim ...	106
Tabel 4.86 Auxiliary Daya Langgan Sosial dan Publik Jatim ..	108

Tabel 4.87 Auxiliary Utilisasi Penggunaan Daya Listrik Jatim	110
Tabel 4.88 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik Jatim .....	111
Tabel 4.89 Hasil Validasi Total Sosial APJ BJG .....	113
Tabel 4.90 Hasil Validasi Total Publik APJ BJG .....	114
Tabel 4.91 Hasil Validasi Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ BJG .....	115
Tabel 4.92 Hasil Validasi Total Sosial dan Publik APJ BJG....	116
Tabel 4.93 Hasil Validasi Total Sosial APJ BJG .....	117
Tabel 4.94 Hasil Validasi Total Publik APJ SBU.....	118
Tabel 4.95 Hasil Validasi Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ SBU .....	120
Tabel 4.96 Hasil Validasi Total Sosial dan Publik APJ SBU ...	121
Tabel 4.97 Hasil Validasi Total Sosial APJ MJK .....	122
Tabel 4.98 Hasil Validasi Tarif S-2 APJ MJK.....	123
Tabel 4.99 Hasil Validasi Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ MJK .....	123
Tabel 4.100 Hasil Validasi Total Sosial dan Publik APJ MJK .	124
Tabel 4.101 Hasil Validasi Total Sosial Jatim .....	126
Tabel 4.102 Hasil Validasi Total Publik Jatim .....	127
Tabel 4.103 Hasil Validasi Daya Terpasang Sosial dan Publik Jatim .....	128
Tabel 4.104 Hasil Validasi Total Sosial dan Publik Jatim .....	129
Tabel 4.105 <i>Time Bound</i> pada skenario model.....	130
Tabel 4.106 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik APJ BJG .....	144
Tabel 4.107 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik APJ SBU .....	146
Tabel 4.108 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik APJ MJK .....	148
Tabel 4.109 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Setiap Tarif Total Jatim.....	150
Tabel 4.110 E1 dan E2 Dua Metode APJ BJG .....	153
Tabel 4.111 E1 dan E2 Dua Metode APJ SBU.....	154
Tabel 4.112 E1 dan E2 Dua Metode APJ MJK .....	155
Tabel 4.113 E1 dan E2 Dua Metode Jawa Timur .....	156

Tabel 7.1 Contoh Data PDRB dari BPS Tahun 2012 dan 2013	165
Tabel 7.2 Contoh Data Gardu Induk di Jawa Timur .....	166
Tabel 7.3 Contoh Data Demand Setiap Tarif per APJ .....	167
Tabel 7.4 Contoh Data Pelanggan Setiap Tarif.....	168
Tabel 7.5 Contoh Pengolahan Data PDRB .....	169
Tabel 7.6 Contoh Pengolahan Data Demand .....	170

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## **DAFTAR KODE SUMBER**

Kode Sumber 4.1 Membuat Fungsi Sinus pada Matlab.....	51
Kode Sumber 4.2 Menampilkan Curve Fitting dari Data .....	52

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*



## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan	
2.1.....	16
Persamaan	
2.2 .....	16
Persamaan	4.1
.....	38
Persamaan	4.2
.....	39
Persamaan	4.3
.....	39
Persamaan	4.4
.....	45
Persamaan	4.5
.....	45
Persamaan	4.6
.....	51
Persamaan	4.7
.....	73
Persamaan	4.8
.....	75
Persamaan	4.9
.....	110
Persamaan	4.10
.....	111

## DAFTAR SIMBOL

$\bar{S}$	:	Rata-rata dari data model.
$\bar{A}$	:	Rata-rata dari data asli.
$S_s$	:	Standart deviasi dari data model.
$S_A$	:	Standart deviasi dari data asli.
$E1$	:	<i>Error mean comparison.</i>
$E2$	:	<i>Error variance comparison.</i>
$P$	:	Daya terpasang pelanggan, yaitu daya maksimal yang dapat digunakan pelanggan tersebut.
$V$	:	Tegangan listrik maksimal yang didapat pada semua peralatan listrik atau elektronik pelanggan dalam satu waktu.
$I$	:	Arus listrik maksimal yang mengalir di kabel listrik pelanggan saat peralatan elektronik digunakan.
$P_a$	:	Daya aktif, yaitu secara nyata benar-benar digunakan oleh beban kebutuhan listrik dari peralatan elektronik pelanggan. Satuan dari daya aktif adalah <i>watt</i> .
$\cos \varphi$	:	Faktor daya atau sudut fasa dari penggunaan listrik, nilai $\cos \varphi$ pada daya aktif PLN normalnya adalah 0.

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai garis besar tugas akhir yang meliputi latar belakang, tujuan, rumusan dan batasan permasalahan, metodologi pembuatan tugas akhir, dan sistematika penulisan.

### **1.1 Latar Belakang**

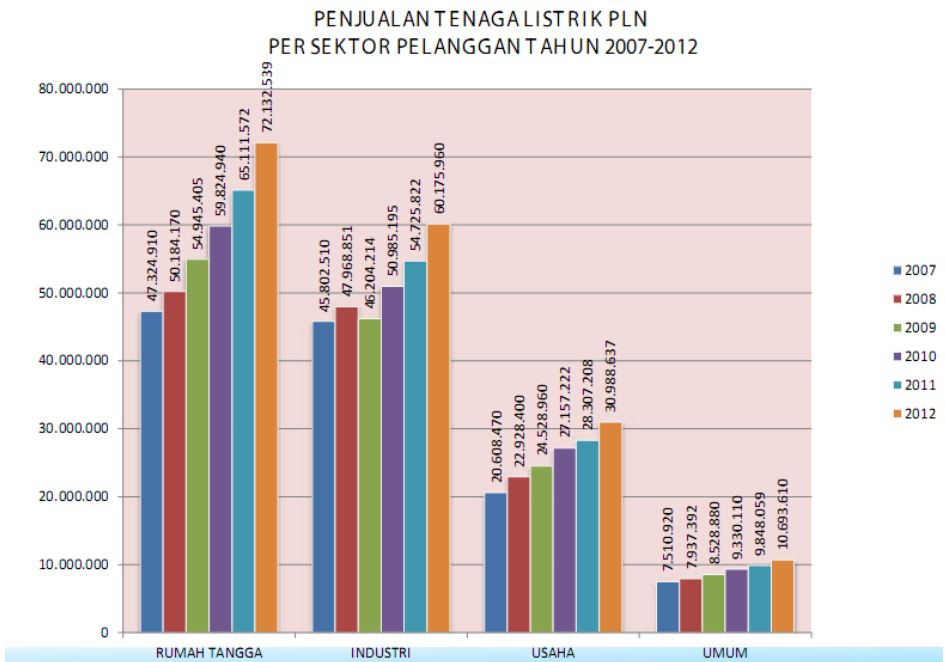
Energi listrik merupakan salah satu faktor penting dalam pembangunan bagi setiap bangsa termasuk Indonesia. Energi listrik memiliki peran penting dalam bagi pembangunan baik dalam aspek ekonomi maupun sosial. Perbaikan layanan energi listrik akan membawa banyak sekali keuntungan-keuntungan baik dalam bidang ekonomi maupun sosial, seperti perbaikan kegiatan belajar karena pencahayaan yang lebih baik, penghematan waktu, dan tenaga pada bahan bakar tradisional, perbaikan hubungan informasi dan digital, peningkatan produktivitas, peningkatan layanan kesehatan, dan peningkatan kualitas udara dalam ruang. Dengan demikian, ketersediaan serta kualitasnya akan sangat menentukan keberhasilan pembangunan bagi setiap bangsa.

Tenaga listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kebutuhan manusia baik untuk kegiatan industri, kegiatan komersial maupun dalam kehidupan sehari-hari rumah tangga. Energi listrik dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan juga proses produksi yang melibatkan barang-barang elektronik dan alat-alat mesin industri. Mengingat begitu besar dan pentingnya manfaat energi listrik sedangkan sumber energi pembangkit listrik terutama yang berasal dari sumber daya tak terbarui keberadaannya terbatas, maka untuk menjaga kelestarian sumber energi ini perlu diupayakan langkah-langkah strategis yang dapat menunjang penyediaan energi listrik secara optimal dan terjangkau.

Saat ini, ketersediaan sumber energi listrik tidak mampu memenuhi peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia. Terjadinya

pemutusan sementara dan pembagian energi listrik secara bergilir merupakan dampak dari terbatasnya energi listrik yang dapat di-*supply* oleh PLN. Hal ini terjadi karena laju pertumbuhan sumber energi baru dan pengadaan pembangkit tenaga listrik tidak sebanding dengan peningkatan konsumsi listrik [1].

Kondisi ketenagalistrikan nasional pada masa sekarang ini sedang mengalami krisis sebagai akibat terjadinya lonjakan permintaan akan listrik yang lebih besar dibanding tingkat pasokannya. Hasil laporan penelitian dalam kajian mengenai insentif kebijakan energi listrik. Kementerian ESDM, menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan selisih (*gap*) antara penyediaan (*supply*) energi listrik dengan permintaan (*demand*) energi listrik yang cukup signifikan [2].



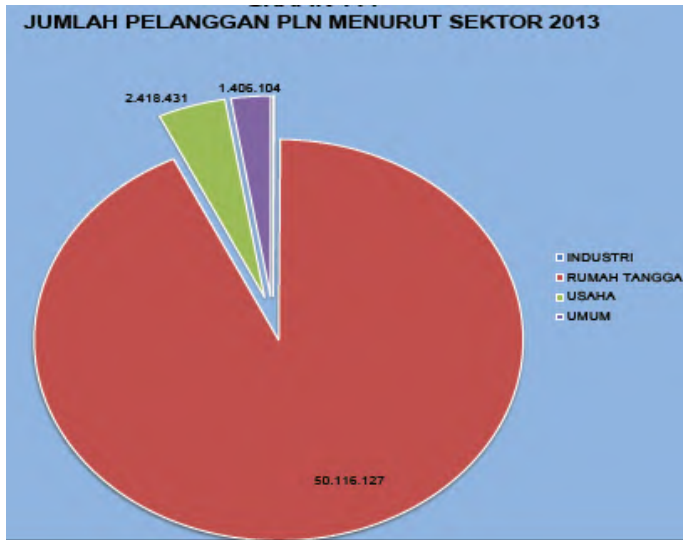
**Gambar 1.1 Grafik Penjualan Tenaga Listrik PLN per Sektor Pelanggan Tahun 2007-2012**

Pada tahun 1995 terjadi gap sebesar 135,36 juta GWh, tahun 2000 meningkat menjadi sebesar 157,08 juta GWh, tahun 2005 meningkat menjadi sebesar 181,07 juta GWh, dan pada tahun 2010 meningkat menjadi sebesar 225,99 juta GWh. Dapat kita lihat pada Gambar 1.1 merupakan hasil penjualan tenaga listrik pada setiap sektor. Sektor umum menjadi sektor paling rendah dalam penggunaan daya listrik [2].

Problem kedua yang dihadapi oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) adalah subsidi yang terus membengkak. Selisih antara harga produksi dan harga jual energi listrik adalah penyebab utama. Harga produksi membengkak karena sebagian besar energi listrik dibangkitkan dengan bahan bakar minyak yang mahal serta tidak efisiennya sistem pembangkit, transmisi, dan distribusi. Rendahnya harga jual juga menyebabkan dorongan untuk melakukan penghematan menjadi sangat rendah di kalangan konsumen. Selain itu, banyak konsumen yang tidak layak mendapatkan subsidi atau mampu membayar lebih mahal jika kualitas listrik yang didapat bisa dijamin.

Perusahaan Listrik Negara juga menerapkan sistem penyusuaian tarif, sehingga penyaluran energi listrik menjadi tepat sasaran. Penggunaan energi listrik yang bersubsidi saat ini masih belum maksimal, karena masih banyak konsumen yang seharusnya pemakaian listriknya tidak disubsidi tetapi menerima subsidi, sehingga penggunaan energi listrik masih belum maksimal.

Pada sektor fasilitas umum, terdiri dari pemakai gedung/kantor pemerintah, Penerangan Jalan Umum (PJU), dan sosial yang meliputi rumah sakit, sekolah, dan tempat ibadah [3]. Pemakaian listrik dari tahun ke tahun pada setiap golongan meningkat setiap tahunnya namun tidak signifikan seperti pada sektor industri, bisnis, maupun rumah tangga. Gambar 1.2 merupakan data jumlah pelanggan PLN di setiap sektor tahun 2013.



**Gambar 1.2 Jumlah Pelanggan PLN per Sektor Tahun 2013**

Seiring dengan tingkat pertumbuhan ekonomi, maka tingkat permintaan akan energi listrik akan cenderung meningkat pada waktu yang akan datang. Dengan mempertimbangkan asumsi pertumbuhan ekonomi nasional rata-rata tumbuh sebesar 6,1 persen per tahun dan pertumbuhan penduduk secara nasional tumbuh sebesar 1,3 persen per tahun, perkiraan kebutuhan tenaga listrik nasional sesuai Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2008-2027 diperkirakan akan mencapai rata-rata sebesar 9,2 persen per tahun. Mengingat tingkat pasokan dan teknologi penyediaan energi listrik nasional cenderung tetap, sehingga ancaman 2 krisis di masa mendatang harus segera diatasi demi keberlanjutan pembangunan [4].

Tugas akhir ini membahas bagaimana pemodelan dinamis dapat membantu menghasilkan skenario konsumsi listrik masa depan. Produsen listrik, pemasok, dan distributor membutuhkan pengetahuan dari total konsumsi untuk mendukung bisnis mereka, misalnya keputusan investasi kapasitas baru atau penambahan

pasokan listrik. Tujuan utama dari tugas akhir ini adalah untuk mempelajari perubahan konsumsi listrik sektor sosial dan publik. Model jangka panjang dibuat menggunakan sistem pendekatan dinamis, model ini dilakukan dengan aplikasi Vensim.

Dinamika sistem memungkinkan cara-cara baru untuk memecahkan masalah dan memahami entitas di dunia yang kompleks dan berkembang. Tujuannya adalah untuk mendukung para pengambil keputusan untuk beroperasi di lingkungan yang kompleks ini. Pendekatan ini merupakan cara alternatif untuk memecahkan dan lebih dalam memahami masalah tradisional kelistrikan, sehingga kita dapat mengetahui kemungkinan-kemungkinan yang ada dan melakukan perencanaannya dengan matang. Penawaran pemodelan ini berarti mempelajari struktur sistem yang mendasari dan untuk menguji skenario yang berbeda-beda. Itu asumsi yang mendasari adalah bahwa struktur menentukan perilaku serta, jumlah variabel yang mempengaruhi perilaku, dapat mempengaruhi sistem.

## **1.2 Tujuan**

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini, antara lain:

1. Memodelkan perubahan kebutuhan listrik dan beban listrik pada konsumsi listrik fasilitas umum dan sosial di Jawa Timur 12 tahun mendatang atau sampai dengan tahun 2028.
2. Mengetahui pengaruh pertumbuhan PDRB sosial dan publik terhadap pertumbuhan kebutuhan energi listrik sosial dan publik di Jawa Timur.
3. Menentukan seberapa besar kekurangan pasokan energi listrik di masa depan yang dikarenakan permintaan energi listrik yang tumbuh.
4. Membandingkan metode simulasi dinamis dengan metode Dokumentasi Kebutuhan Listrik (DKL) dari PLN.



### 1.3 Rumusan Permasalahan

Perumusan masalah yang terdapat pada tugas akhir ini, antara lain adalah:

1. Bagaimana kebutuhan listrik pada konsumsi listrik sektor publik dan sosial di Jawa Timur 12 tahun mendatang?
2. Bagaimana pengaruh PDRB sosial dan publik terhadap pertumbuhan listrik di Jawa Timur?
3. Bagaimana perbedaan perilaku konsumsi fasilitas umum dan sosial dari jenis tarifnya?

### 1.4 Batasan Permasalahan

Batasan masalah yang terdapat pada tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut:

Sektor yang dianalisis hanya pada sektor fasilitas umum dan sosial di Jawa Timur.

Model yang akan dibuat adalah daerah Bojonegoro, Surabaya Utara, Mojokerto, serta Jawa Timur.

Data yang digunakan adalah data dari PLN P3B, PLN Distribusi Jawa Timur, dan BPS.

### 1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan model *supply* dan *demand* listrik di Jawa Timur yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut.
2. Sebagai bahan referensi alternatif yang dapat digunakan sebagai kajian pihak terkait terutama di bidang listrik khususnya sektor sosial dan publik dalam menentukan kebijakan strategis.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Buku tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran dari pengerjaan tugas akhir ini. Selain itu, diharapkan dapat berguna untuk pembaca yang tertarik untuk melakukan pengembangan lebih lanjut. Secara garis besar, buku tugas akhir terdiri atas beberapa bagian seperti berikut ini.

### **Bab I Pendahuluan**

Bab ini berisi latar belakang masalah, tujuan dan manfaat pembuatan tugas akhir, permasalahan, batasan masalah, dan sistematika penyusunan tugas akhir.

### **Bab II Dasar Teori**

Bab ini membahas beberapa teori penunjang yang berhubungan dengan pokok pembahasan dan mendasari pembuatan tugas akhir ini.

### **Bab III Metodologi**

Bab ini membahas mengenai metodologi yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini.

### **Bab IV Analisis dan Pembahasan**

Bab ini berisi pembuatan model sampai model skenario, serta pembahasan skenario.

### **Bab V Kesimpulan dan Saran**

Bab ini berisi kesimpulan dari analisis yang dilakukan. Bab ini membahas saran-saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut.

### **Daftar Pustaka**

Merupakan daftar referensi yang digunakan untuk mengembangkan tugas akhir.

### **Lampiran**

Merupakan bab tambahan yang berisi data-data lampiran pengerjaan tugas akhir.

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang menjadi dasar dari pembuatan tugas akhir. Teori-teori tersebut meliputi pengertian dan beberapa analisis terkait gambaran umum sistem, kondisi pada sektor publik dan sosial, metode simulasi dinamis, DKL, data-data yang terkait dengan tugas akhir serta metode ekonometrik.

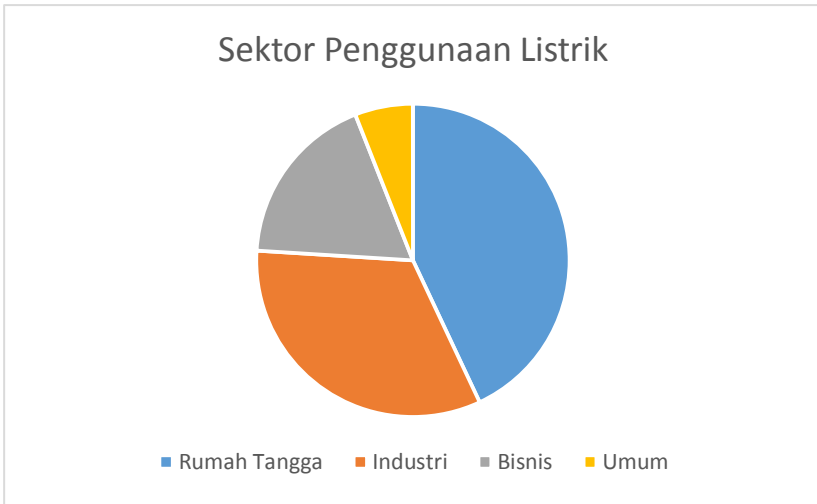
#### **2.1 Kondisi Sektor Umum dan Sosial**

Pada tugas akhir ini penggunaan listrik dibedakan menjadi 4 sektor, yaitu:

1. Sektor rumah tangga
2. Sektor industri
3. Sektor bisnis
4. Sektor umum (sosial dan publik)

Kondisi kelistrikan nasional hingga akhir 2014 berdasarkan catatan yang ada di Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral hingga akhir 2014 menunjukkan total kapasitas terpasang pembangkit 53.585 MW. 37.280 MW (70%) disumbangkan oleh PLN, *Independent Power Producer* (IPP) sebesar 10.995 MW (20%), *Publik Private Utility* (PPU) sebesar 2.634 MW (5%), dan Izin Operasi Non-BBM (IO) sebesar 2.677 MW (5%). Konsumsi energi rata-rata 199 TWh sedangkan produksi tenaga listriknya 228 TWh (hanya PLN dan IPP). Rasio elektrifikasi nasional tercatat sebesar 84,35% [5].

Pemakaian listrik golongan terbesar untuk golongan rumah tangga yaitu sebesar 43%, disusul kemudian dengan industri sebesar 33%, bisnis 18%, dan 6% publik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1 Persentase Pemakaian Listrik Setiap Sektor Indonesia**

Kondisi kelistrikan awal Maret 2015, total sistem kelistrikan di Indonesia terdapat 22 sistem, dengan perincian, enam dalam kondisi normal (cadangan >20%), 11 siaga (cadangan <1 unit terbesar), dan 5 defisit (pemadaman sebagian). Jenis-jenis energi untuk pengadaan tenaga listrik antara lain, batubara 52%, gas 24%, BBM (Bahan Bakar Minyak) 11,7%, air 6,4%, panas bumi 4,4%, dan energi lainnya sebesar 0,4% [5].

Untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat yang terus tumbuh, Pemerintah sedang mengupayakan penambahan kapasitas listrik sebesar 7.000 MW per tahun 35.000 MW dalam 5 tahun. Pembagian pengadaan tambahan tenaga listrik dibagi berdasarkan zona, Sumatera direncanakan sebesar 8,75 GW, Kalimantan 1,87 GW, Sulawesi 2,70 GW, Jawa-Bali 20,91 GW, Nusa Tenggara 0,70 GW, Maluku 0,28 GW, dan Papua 0,34 GW. Guna mendukung program, penambahan kapasitas listrik 35.000 MW, akan dibangun pula jaringan transmisi total di seluruh Indonesia sepanjang 46.597 km [5].

*Tariff adjustment* (peyesuaian tarif) listrik bulan Desember 2015 telah ditetapkan sesuai Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor 31/2014 sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri ESDM No 09/2015, *tariff adjustment* diberlakukan setiap bulan menyesuaikan perubahan nilai tukar mata uang Dollar Amerika terhadap mata uang Rupiah. Dengan mekanisme *tariff adjustment*, tarif listrik setiap bulan memang dimungkinkan untuk turun, tetap atau naik berdasarkan ketiga indikator tersebut. *Tariff adjustment* berlaku bagi golongan pelanggan yang sudah tidak disubsidi, yaitu rumah tangga daya 1.300 *Volt Ampere* (VA) ke atas, bisnis sedang daya 6.600 VA ke atas, industri besar daya 200.000 VA ke atas, kantor pemerintah daya 6.600 VA ke atas, lampu penerangan jalan umum (PJU), dan layanan khusus [2].

Pada bulan Desember 2015 secara umum tarif listrik bagi pelanggan yang sudah tidak disubsidi mengalami penurunan dibanding bulan sebelumnya. Golongan tarif rumah tangga sedang (R-2) daya 3.500 VA – 5.500 VA dan rumah tangga besar (R-3) daya 6.600 VA ke atas turun dari Rp. 1.533 per kilo *Watt hour* (kWh) pada bulan November 2015 menjadi Rp. 1.509 per kWh pada bulan Desember 2015. Untuk golongan tarif bisnis sedang, industri besar, kantor pemerintah, PJU (Penerangan Jalan Umum), dan layanan khusus juga mengalami penurunan tipis dibanding bulan sebelumnya [2]. Penurunan ini dipengaruhi tingkat inflasi yang rendah dan nilai tukar rupiah yang menguat beberapa waktu terakhir. Berdasarkan perbandingan hasil analisis efisiensi terhadap seluruh sektor yang ada, maka sektor umum merupakan sektor yang paling besar terjadi pemborosan dalam penggunaan energi listrik yang ada. Sektor industri dan sektor komersial merupakan sektor yang paling efisien dalam penggunaan energi listrik. Pendapatan riil sektor umum berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah permintaan energi listrik pada sektor umum.

Sementara untuk pelanggan rumah tangga kecil daya 450 VA dan 900 VA, bisnis dan industri kecil serta pelanggan sosial

tarifnya tetap dan tidak diberlakukan *tariff adjustment*. Pelanggan golongan ini masih diberikan subsidi oleh pemerintah. Mulai bulan Desember 2015, pelanggan PLN golongan tarif rumah tangga daya 1.300 VA dan 2.200 VA diberlakukan mekanisme *tariff adjustment*. Hal ini menyusul penerapan *tariff adjustment* kepada 10 golongan tarif lainnya yang sudah berlaku sejak 1 Januari 2015. Sebenarnya, tarif listrik bagi rumah tangga daya 1.300 VA dan 2.200 VA harus sudah mengikuti mekanisme *tariff adjustment* saat itu, namun Pemerintah dan PLN mengambil kebijakan untuk menunda penerapan tarif adjustment bagi pelanggan rumah tangga daya 1.300 VA dan 2.200 VA. Pertimbangannya saat itu, pelanggan golongan tersebut sudah mengalami kenaikan tarif listrik secara bertahap sejak Juli 2014 hingga November 2014 [5]. Selain itu penundaan juga untuk meringankan beban ekonomi pelanggan di kedua golongan tersebut.

## 2.2 Metode Simulasi Dinamis

Sistem dinamis merupakan suatu metode pemodelan yang diperkenalkan oleh Jay Forrester pada tahun 1950-an dan dikembangkan di Massachusetts Institute of Technology Amerika. Sesuai dengan namanya, penggunaan metode ini erat berhubungan dengan pertanyaan-pertanyaan tentang sistem dinamis yang kompleks, yaitu pola-pola tingkah laku yang dibangkitkan oleh sistem itu dengan bertambahnya waktu. Oleh karena itulah model-model dinamika sistem diklasifikasikan ke dalam model matematik kausal [6].

Sistem dinamis adalah suatu metode yang digunakan untuk mendeskripsikan, memodelkan, dan mensimulasikan suatu sistem yang dinamis (dari waktu ke waktu terus berubah). Didalam sistem dinamis diajarkan bagaimana berpikir secara sistem, artinya adalah dalam menyelesaikan suatu masalah tidak dilihat pada satu pokok bagian saja, tetapi dilihat semua pengaruhnya terhadap semua yang berhubungan dengan masalah tersebut.

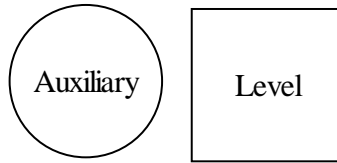
Ciri-ciri sistem dinamis yaitu mencakup lintasan waktu dan sebuah mekanisme waktu (*clock mechanism*) menggerakkan waktu, sehingga variabel status berubah saat waktu berubah. Suatu model sistem dinamis dibentuk karena adanya hubungan sebab akibat (*causal*) yang mempengaruhi struktur di dalamnya baik secara langsung antar dua struktur, maupun akibat dari berbagai hubungan yang terjadi pada sejumlah struktur, hingga membentuk umpan balik (*causal loop*). Struktur umpan-balik ini merupakan blok pembentuk model yang diungkapkan melalui lingkaran-lingkaran hubungan sebab akibat dari variabel-variabel yang melingkar secara tertutup.

Ada 2 macam hubungan kausal, yaitu hubungan sebab-akibat positif dan hubungan sebab-akibat negatif. Ada 2 macam umpan-balik, yaitu umpan-balik positif (*growth*) dan umpan – balik negatif (*goal seeking*).

Pendekatan simulasi dinamis dapat digunakan untuk membuat keputusan dalam rangka untuk menemukan kebijakan dan beberapa keputusan manfaat yang dapat diterapkan dalam jangka waktu tertentu. Simulasi dinamis dapat digunakan sebagai metode analisis untuk model sistem dan mengevaluasi perilaku, grafik, dan data peramalan dalam model sistem. Sebuah model simulasi dinamis harus lulus tes validasi di dasar model sistem. Tujuan dari uji validasi adalah bahwa kredibilitas model sistem dan data hampir sama dengan data asli dalam model dasar. Model kredibel digunakan untuk keputusan skenario untuk membuat keputusan di masa depan.







**Gambar 2.2 Macam-Macam Variabel**

Gambar 2.2 merupakan beberapa macam variabel yang digunakan pada aplikasi Vensim serta simulasi dinamis. *Stock (level)* dan *flow (rate)*, dalam merepresentasikan aktivitas dalam suatu *causal loop*, digunakan dua jenis variabel yang disebut sebagai *stock (level)* dan *flow (rate)*. *Level* menyatakan kondisi sistem pada setiap saat. *Level* merupakan akumulasi di dalam sistem. Persamaan suatu variabel *rate* merupakan suatu struktur kebijakan yang menjelaskan mengapa dan bagaimana suatu keputusan dibuat berdasarkan kepada informasi yang tersedia di dalam sistem. *Rate* inilah satu-satunya variabel dalam model yang dapat mempengaruhi *level*. *Auxiliary* adalah beberapa variabel yang dapat melengkapi variabel *stock* dan *flow*, dalam memodelkan sistem dinamis.

Ada dua jenis model simulasi dinamis, *Casual Loop Diagram* (CLD) untuk model konseptual yang memberikan gambaran kualitatif masalah sistem dalam model dan *Stock and Flow Diagram* (SFD) untuk menjelaskan model sistem dalam korelasi kuantitatif antara variabel dalam model. CLD berguna untuk mewakili hubungan kausal antara variabel dalam model, di sisi lain SFD mengendalikan tingkat aliran ke pemasok, membuat isu mekanisme penyesuaian dalam model yang lebih jelas, dan menunjukkan perilaku variabel dalam grafik [7].

Secara umum langkah-langkah pembuatan model sistem dinamis adalah sebagai berikut:

- 1) Identifikasi masalah.
- 2) Tentukan faktor-faktor yang dominan terhadap permasalahan.

- 3) Menelusuri terbentuknya *loop*/umpan balik dan interaksi antara loop satu dengan yang lainnya dalam CLD.
- 4) Melakukan perhitungan simulasi.
- 5) Menentukan validitas dari model yang dibuat.
- 6) Menerapkan kebijakan tertentu terhadap model.
- 7) Melakukan simulasi berikutnya dengan model yang mengalami perubahan.
- 8) Menarik kesimpulan.

### **2.3 Metode Ekonometrik**

Metode ekonometrik adalah metode analisis yang menghitung pertumbuhan suatu model permasalahan yang dihubungkan dengan perubahan ekonomi yang aktual berdasarkan pengamatan data. Metode ekonometrik menggabungkan tiga disiplin ilmu berbeda, yaitu ekonomi, matematika, dan statistik [8]. Hubungan antara data dari model dengan data sekunder yang berupa data perekonomian diterjemahkan dalam suatu fungsi matematis dan data disajikan dalam bentuk data statistik.

Adapun tujuan dari ekonometrika antara lain:

- 1) Untuk memberikan kontribusi dalam membuat prediksi atau peramalan.
- 2) Untuk dapat memberikan sumbangan kepada pembuat kebijaksanaan atau mengambil keputusan yang lebih tepat serta mengevaluasi kebijaksanaan yang telah ada.

Prinsip dasar dari metode ekonometrik adalah bahwa segala sesuatu dalam dunia nyata bergantung kepada sesuatu yang lain. Sedangkan kelebihan dari metode ekonometrik terletak pada kemampuannya untuk menangani saling ketergantungan. Model ekonometrik dibuat untuk mendapatkan pengetahuan tentang koefisien persamaan bentuk struktural dan membuat peramalan variabel endogen terkondisikan dengan asumsi-asumsi tertentu yang diberikan pada variabel eksogen.

Dalam pemodelan ekonometrik peramalan yang dilakukan meliputi variabel endogen dan variabel eksogen. Dalam metode ekonometrik validasi model terbatas dalam kurun waktu

tertentu dan perlunya dilakukan validasi kembali jika model akan digunakan kembali [9].

## 2.4 DKL (Dokumentasi Simulasi Proyeksi Kebutuhan Listrik) 3.2

Model DKL 3.2 merupakan suatu model yang disusun dengan menggabungkan beberapa metode, kecenderungan, dan analitis dengan pendekatan sektoral. Model DKL 3.2 digunakan PLN untuk menyusun perkiraan kebutuhan listrik [9]. Pada model DKL 3.2, pendekatan yang digunakan dalam menghitung kebutuhan energi listrik adalah dengan mengelompokkan pelanggan menjadi empat sektor yaitu:

- a) Sektor rumah tangga, terdiri dari pemakai rumah tangga dan pemakai kecil (golongan tarif R-1, R-2, dan R-3).
- b) Sektor bisnis, terdiri dari pemakai bisnis (golongan tarif B-1, B-2, dan B-3 ).
- c) Sektor umum, terdiri dari pemakai gedung/kantor pemerintah, lampu penerangan jalan umum, dan sosial. (golongan tarif S-1, S-2, S-3, P-1, P-2, dan P-3).
- d) Sektor industri , terdiri dari pemakai industri dan hotel (golongan tarif I-1, I-2, I-3, dan I-4).

Model DKL 3.2 memperkirakan permintaan listrik pada sektor sosial and publik sektor dengan persamaan berikut:

**Error! Bookmark not defined.**

$$EP_n = EP_{n-1} \left(1 + eP \times \frac{gP}{100\%}\right) \quad (2.1)$$

$$eP = \frac{\text{Pertumbuhan permintaan energi umum}}{\text{Pertumbuhan PDRB total}} \quad (2..2)$$

Keterangan :

$EP_n$  = Jumlah energi listrik umum

$EP_{n-1}$  = Jumlah energi listrik umum tahun sebelumnya

$gP$  = Pertumbuhan PDRB umum

$eP$  = *Elastisitas* umum

Prinsip dasar metode DKL 3.2 menggunakan bentuk inkremental, dimana hubungan variabel bebas dan variabel tak bebasnya dinyatakan dalam bentuk perubahan dari variabel-variabel itu. Kelebihan dari metode ini adalah metode ini digunakan PLN dalam melakukan perkiraan kebutuhan energi listrik yang masih bersifat linier. Namun, dalam perhitungannya metode ini tidak melakukan uji statistik yang dapat menunjukkan apakah variabel dalam model berkorelasi kuat.

## 2.5 Data-data PT PLN P3B, PLN Distribusi, dan BPS

Beberapa data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data-data langsung yang diambil dari PT. PLN P3B Jawa Bali di Sepanjang, Waru, Sidoarjo juga PT. PLN Distribusi Jawa Timur. Beberapa data yang dibutuhkan/didapatkan selanjutnya akan diolah.

### 2.5.1 Data Gardu Induk Jatim

Data gardu induk didapatkan dari PLN Distribusi bagian niaga. Di Jawa Timur sendiri terdapat 98 Gardu Induk (GI) yang tersebar di seluruh Jawa Timur. PLN membagi daerah persebaran gardu induk menjadi 3 wilayah yaitu Tengah, Timur dan Barat yang masing-masing wilayah akan memasok listrik ke kota-kota pada wilayah tersebut [10]. Tabel 2.1 adalah data list gardu induk yang ada di Jawa Timur.

**Tabel 2.1 Data List Gardu Induk di Jawa Timur**

Tengah	Timur	Barat
1. Alta Prima	1. Bangil	1. Babat
2. Babadan	2. Banyuwangi	2. Banaran
3. Balong Bendo	3. Blimbing	3. Blitar

4. Bangkalan	4. Bondowoso	4. Bojonegoro
5. Buduran	5. Bulu Kandang	5. Caruban
6. Cerme	6. Bumicokro	6. Dolopo
7. Darmo Grand	7. Genteng	7. Gitet Kediri
8. Driyorejo	8. Gondang Wetan	8. Jaya Kertas
9. Gilitimur	9. Grati	9. Jombang
10. Karang Pilang	10. Jember	10. Kertosono
11. Kasih Jatim	11. Karang Kates	11. Lamongan
12. Kenjeran	12. Kebon Agung	12. Magetan
13. Krembangan	13. Kraksaan	13. Manisrejo
14. Krian	14. Lawang	14. Mliwang
15. Kupang	15. Lumajang	15. Mojoagung
16. Manyar	16. Paiton	16. Mojokerto
17. Ngagel	17. Pakis	17. Mranggen
18. Pamekasan	18. Pandaan	18. New Pacitan
19. Perak	19. Pier	19. Nganjuk
20. Petro Kimia	20. Polehan	20. Ngawi
21. Porong	21. Probolinggo	21. Ngimbang
22. Rungkut	22. Purwosari	22. Ngoro
23. Sampang	23. Selorejo	23. Paciran
24. Sawahan	24. Sengguruh	24. Pare
25. Segoromadu	25. Sengkaling	25. Ploso
26. Sidoarjo	26. Situbondo	26. Plta
27. Simpang	27. Sukorejo	Tulungagung
28. Sukolilo	28. Tanggul	27. Pltu Pacitan
29. Sumenep	29. Turen	28. Ponorogo
30. Tandes		29. Siman
31. Ujung		30. Tarik
32. Undaan		31. Trenggalek
33. Waru		32. Tuban
34. Wonokromo		33. Tulungagung
35. Wonorejo		34. Wlingi

Tabel 2.2 merupakan contoh dari data yang diperoleh dari PLN Distribusi. Data ini mencakup data GI yang memasok listrik ke Area Pelayanan Jaringan (APJ) mana saja serta berapa total listrik yang dipasok.

**Tabel 2.2 Contoh Data Gardu Induk dari PLN**

Gardu Induk	Trafo			No Trafo	Penyulang	APJ	Tertinggi (kV)	Rata-rata (kV)
	No Trf	Prim (kV)	Daya (MVA)					
Bangil	3	150	60		Merlin Gerin		774	594
				1	Beji	PSR	253	182
				2	PIER A	PSR	158	125
				3	PIER B	PSR	96	68

### 2.5.2 Data Demand Sosial dan Publik Jawa Timur

Data *demand* didapatkan dari PLN Distribusi Jawa Timur, data tersebut merupakan penggunaan listrik (kWh), daya

langgan (VA), keuntungan yang didapatkan PLN (rupiah) serta waktu pemakaian mulai dari bulan Januari 2012 sampai dengan Februari 2016.

Di Jawa Timur sendiri dibagi menjadi 16 APJ [10]. Berikut adalah list APJ yang ada di Jawa Timur seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3 16 Area Pelayanan Jaringan (APJ) Jawa Timur**

No	Kode APJ	APJ
1	SBS	Surabaya Selatan
2	SBU	Surabaya Utara
3	SBB	Surabaya Barat
4	MLG	Malang
5	PSR	Pasuruan
6	KDR	Kediri
7	MJK	Mojokerto
8	MDN	Madiun
9	JBR	Jember
10	BJG	Bojonegoro
11	BWG	Banyuwangi
12	STB	Situbondo
13	PKS	Pamekasan
14	GSK	Gresik
15	SDA	Sidoarjo
16	PNG	Ponorogo

Tabel 2.4 merupakan contoh data yang didapatkan dari PLN Distribusi Jatim. Data pada Tabel 2.4 merupakan contoh data penjualan kWh di daerah Surabaya Selatan pada sektor sosial.

**Tabel 2.4 Contoh data Demand dari PLN dalam kWh**

Gol Tarif (kWh)	Januari	Februari	Maret	April

S-1	1.584	1.589	1.578	1.652
S-2	6.800.276	6.839.002	6.842.029	6.852.113
S-3	8.265.314	8.122.423	8.466.362	8.262.626

### 2.5.3 RUPTL

RUPTL (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik) adalah pedoman pengembangan sistem kelistrikan di wilayah usaha PLN untuk sepuluh tahun mendatang yang optimal, disusun untuk mencapai tujuan tertentu serta berdasarkan pada kebijakan dan kriteria perencanaan tertentu. Dengan demikian pelaksanaan proyek-proyek kelistrikan di luar RUPTL yang dapat menurunkan efisiensi investasi perusahaan dapat dihindarkan. Selain didorong oleh kebutuhan internal PLN sendiri untuk mempunyai RUPTL, dokumen RUPTL dibuat oleh PLN untuk memenuhi peraturan dan perundangan yang ada di sektor ketenagalistrikan [4].



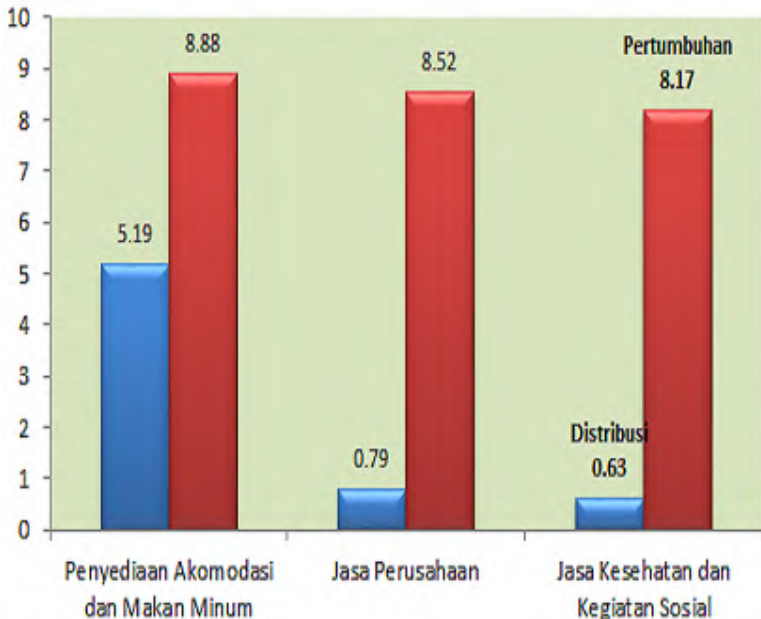
Gambar 2.3 Peta Jaringan Kelistrikan di Jawa Timur



Gambar 2.3 merupakan peta jaringan kelistrikan yang ada di Jawa Timur serta rencana yang mungkin akan dilaksanakan PLN untuk beberapa tahun kedepan dalam membuat penempatan gardu induk yang baru.

#### **2.5.4 PDRB**

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) adalah jumlah nilai tambah barang dan jasa yang dihasilkan dari seluruh kegiatan perekonomian di seluruh daerah dalam tahun tertentu atau periode tertentu dan biasanya satu tahun. Perhitungan PDRB menggunakan dua macam harga yaitu harga berlaku dan harga konstan. PDRB harga atas harga berlaku merupakan nilai tambah barang dan jasa yang dihitung menggunakan harga yang berlaku pada tahun yang bersangkutan sementara atas harga konstan dihitung dengan menggunakan harga pada tahun tertentu sebagai tahun dasar.



**Gambar 2.4 Pertumbuhan Beberapa Usaha di Jawa Timur Tahun 2014**

Pada Gambar 2.4 menunjukkan pertumbuhan beberapa usaha di Jawa Timur. Perekonomian Jawa Timur tahun 2014 tumbuh sebesar 5,86 persen. Pertumbuhan terjadi pada seluruh lapangan usaha. penyediaan akomodasi dan makan minum merupakan lapangan usaha yang mengalami pertumbuhan tertinggi sebesar 8,88 persen, diikuti oleh jasa perusahaan sebesar 8,52 persen dan jasa kesehatan dan kegiatan sosial sebesar 8,17 persen. Ekonomi Jawa Timur tahun 2014 tumbuh 5,86 persen melambat dibanding tahun 2013 sebesar 6,08 persen. Dari sisi produksi, pertumbuhan tertinggi dicapai oleh lapangan usaha penyediaan akomodasi dan makan minum sebesar 8,88 persen. Dari sisi pengeluaran pertumbuhan tertinggi dicapai oleh komponen pengeluaran konsumsi lembaga non-profit sebesar 13,39 persen [2].

Berikut adalah contoh dari data PDRB yang diperoleh dari BPS Jawa Timur yang ditunjukkan pada Tabel 2.5, data ini merupakan data dari BPS pada tahun 2012. Data ini merupakan data 1 tahun, yang dibagi menjadi 4 triwulan, sehingga data yang ada merupakan data per triwulan, serta data yang dimiliki mulai dari data tahun 2012 sampai dengan data tahun 2014.

**Tabel 2.5 Contoh data PDRB pada bidang tertentu**

Jenis PDRB	Triwulan (dalam juta rupiah)			
	1	2	3	4
<b>Angkutan</b>	3.789.558	3.976.833	4.179.952	4.294.558
<b>Jasa Sosial Kemasyarakatan</b>	706.928	824.936	806.982	818.792
<b>Bank</b>	1.498.268	1.566.928	1.579.265	1.612.986
<b>Lembaga Keuangan Bukan Bank</b>	785.928	827.936	856.273	859.263
<b>Pemerintahan Umum</b>	2.239.686	2.713.975	2.794.728	3.112.738

## 2.6 Tools yang digunakan

Pada tugas akhir ini menggunakan beberapa *tools* yang menunjang pengerjaan tugas akhir. Dalam pengerjaan model serta sistem simulasi dinamis menggunakan aplikasi Vensim. Untuk pengerjaan metode ekonometrik menggunakan aplikasi Matlab dan Minitab untuk melakukan analisis. Sedangkan untuk Microsoft Excel digunakan untuk mengolah data.

### 2.6.1 Vensim

Vensim merupakan sebuah *platform* untuk mensimulasikan sistem yang kompleks yang diterapkan

diterapkan pada sistem dinamik. Vensim merupakan perangkat lunak simulasi yang dikembangkan oleh Ventana Sistem yang menganalisis hubungan variabel dan elemen struktur diagram menggunakan model persamaan. Hal ini ditandai dengan *output* visual, perilaku sistem dan status sistem ditampilkan secara grafik. Hal ini berguna untuk analisis komparatif. Fitur dari perangkat lunak diuraikan dalam manual referensi.

### 2.6.2 Matlab 2013

Matlab atau yang kita sebut dengan *Matrix Laboratory* yaitu sebuah program untuk menganalisis dan mengkomputasi data numerik, dan Matlab juga merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan, yang dibentuk dengan dasar pemikiran yang menggunakan sifat dan bentuk matriks.

Matlab merupakan bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh Mathwork Inc. yang hadir dengan fungsi dan karakteristik yang berbeda dengan bahasa pemrograman lain yang sudah ada lebih dahulu seperti Delphi, Basic maupun C++.

Matlab yang juga merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi berbasis pada matriks, sering kita gunakan untuk teknik komputasi numerik, yang kita gunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang melibatkan operasi matematika elemen, matrik, optimasi, aproksimasi dll, sehingga Matlab banyak digunakan pada:

1. Matematika dan komputasi.
2. Pengembangan dan algoritma.
3. Pemrograman *modeling*, simulasi, dan pembuatan *prototipe*.
4. Analisa data, eksplorasi, dan visualisasi.
5. Analisis numerik dan statistik.
6. Pengembangan aplikasi teknik.

### 2.6.3 Minitab 17

Minitab adalah program yang dirancang untuk pengolahan data. Minitab diciptakan oleh Minitab Inc. Minitab memiliki keunggulan dalam pengolahan data statistik seperti *ANOVA*, analisis multivariat, analisis *time series*, *quality*

*control*, analisis data kuantitatif, analisis nonparametrik, dan lain-lain. Aplikasi ini memberikan tampilan desain grafis yang mudah dipahami. Aplikasi ini banyak digunakan untuk mengolah data mereka secara kuantitatif.

#### **2.6.4 Microsoft Excel 2013**

Microsoft Excel adalah sebuah program aplikasi lembar kerja *spreadsheet* yang dibuat dan didistribusikan oleh Microsoft Corporation yang dapat dijalankan pada Microsoft Windows dan Mac OS. Aplikasi ini memiliki fitur kalkulasi dan pembuatan grafik. Dengan menggunakan strategi *marketing* Microsoft menjadikan Microsoft Excel sebagai salah satu program komputer yang populer digunakan di dalam komputer mikro hingga saat ini.

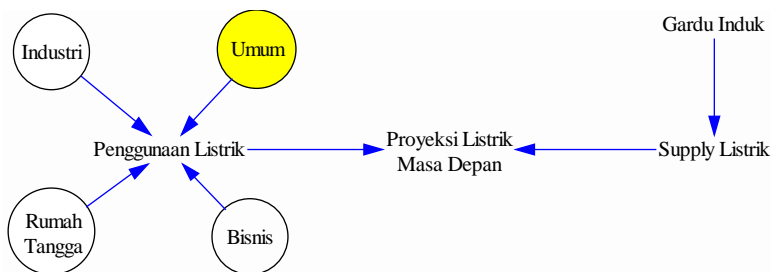
*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## BAB III METODOLOGI

Bab ini membahas tahap metodologi sistem yang akan dibangun. Bab ini membahas semua langkah-langkah apa saja yang akan dikerjakan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Mulai dari masalah yang melatarbelakangi, hingga analisis gambaran awal sistem yang akan dibuat.

### 3.1 Gambaran Umum Sistem

Listrik Jawa Timur dipasok dari gardu induk dan didistribusikan ke sektor sosial dan umum di Jawa Timur. Ada 16 APJ di Jawa Timur, setiap APJ mempunyai perilaku permintaan yang berbeda. Penelitian ini menggabungkan data permintaan semua listrik dari semua 16 APJ di Jawa Timur.

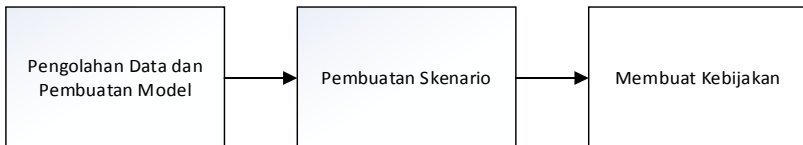


**Gambar 3.1 Bentuk Model Secara Umum dan Pembagian Pengerjaan**

Gambar 3.1 merupakan bentuk model yang akan dibuat secara umum. Pada penggunaan listrik pada sektor industri, rumah tangga, dan bisnis akan dikerjakan oleh orang lain, dikarenakan tugas akhir ini bersifat kelompok. Dalam setiap 4 sektor terdapat beberapa perbedaan seperti faktor-faktor yang berkaitan dengan penggunaan dan perkembangan listrik. Untuk sektor umum sendiri yang terdiri dari sektor sosial dan publik. Pada tarif sosial, Indonesia mempunyai 3 tarif tipe, S-1 untuk

badan sosial kecil, S-2 untuk badan sosial sedang, dan S-3 untuk badan sosial besar. Sedangkan untuk tarif publik terdapat 3 tipe tarif, yaitu P-1 untuk gedung pemerintahan kecil dan sedang, P-2 untuk gedung pemerintahan besar, dan P-3 untuk penerangan jalan. Pada *supply* listrik sendiri dipasok oleh gardu induk. Untuk proyeksi listrik masa depan didapat dengan menggunakan data *supply* listrik dan penggunaan listrik.

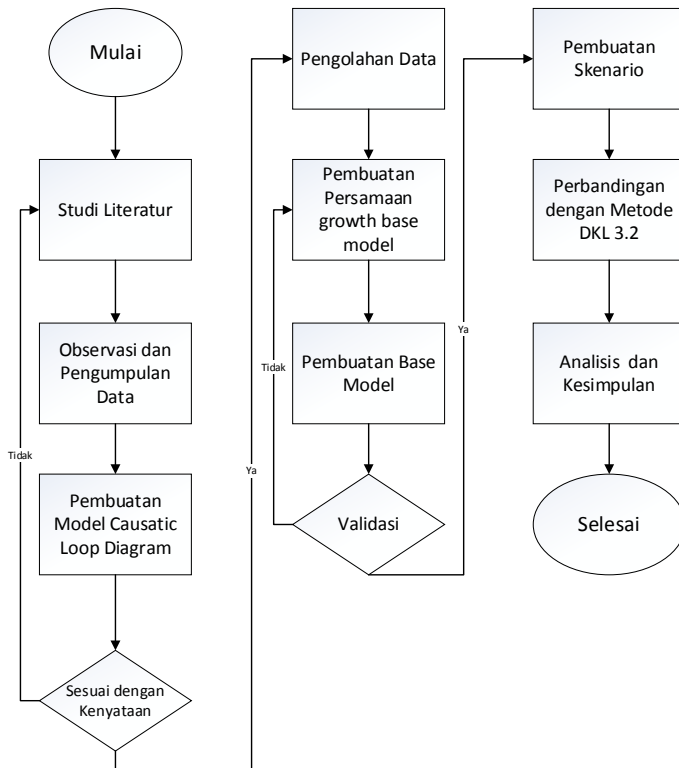
Pada setiap tarif pada sektor umum, dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti faktor PDRB yang mempengaruhi pertumbuhan serta penggunaan listrik setiap tarif.



**Gambar 3.2 Gambaran Umum Sistem**

Gambar 3.2 merupakan gambaran secara umum pengerjaan tugas akhir ini. Pertama merupakan pengolahan data serta pembuatan model dari keseluruhan sistem. Setelah semua model telah diverifikasi serta layak dianggap sebagai model yang valid, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan skenario. Skenario yang digunakan bisa lebih dari 2, sesuai kebutuhan dan kondisi. Setelah skenario selesai dibuat maka hasil dari skenario tersebut dapat dijadikan acuan untuk membuat kebijakan masa depan, seperti penambahan GI (Gardu Induk), penambahan daya, serta data proyeksi skenario kedepan dapat digunakan pada tugas akhir yang lain.

### 3.2 Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir



**Gambar 3.3 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir**

Gambar 3.3 merupakan diagram alir tahapan pengerjaan tugas akhir. Tahapan pengerjaan yang dilakukan disesuaikan dengan langkah-langkah pemodelan dan simulasi menggunakan *framework* metode simulasi dinamis. Setiap tahapan akan dijelaskan lebih rinci pada subbab berikutnya.



### **3.3 Penjelasan Tahapan Pengerjaan**

Dalam pengerjaan tugas akhir ini terdapat beberapa langkah yang harus dikerjakan. Langkah-langkah yang ditempuh dalam pengerjaan tugas akhir ini yaitu:

#### **3.3.1 Studi literatur**

Pada tahap ini, akan dicari studi literatur yang relevan untuk dijadikan referensi dalam pengerjaan tugas akhir. Studi literatur ini didapatkan dari buku, internet, dan materi-materi kuliah yang berhubungan dengan metode yang akan digunakan.

#### **3.3.2 Tahap Pemahaman Sistem**

Tahap ini bertujuan untuk memahami karakteristik dari sistem yang menjadi objek penelitian. Pemahaman sistem dimulai dengan menyelaraskan antara latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan penelitian yang akan dicapai.

#### **3.3.3 Observasi Lokasi Penelitian dan Pengumpulan Data**

Observasi lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi sebenarnya dari sistem. Maksud dari observasi lapangan ini adalah sebagai acuan dalam pembuatan model karena pada dasarnya pembuatan model tergantung pada kondisi riil di lapangan sehingga model yang dibuat dapat menggambarkan keadaan nyata dari sistem, serta mengobservasi perilaku dari sektor fasilitas umum di Jawa Timur. Data yang digunakan didapatkan dari PT.PLN Persero P3B dan PLN Distribusi Jawa Timur serta BPS Jawa Timur.

#### **3.3.4 Pembuatan Model Causal Loop Diagram (CLD)**

Setelah seluruh variabel signifikan dan parameter yang mempengaruhinya berhasil diidentifikasi, selanjutnya masuk ke dalam pembuatan *Causal Loop Diagram* (CLD). Pada tahap ini kita memvisualisasikan bagaimana keterkaitan variabel dan parameter pada suatu sistem. Dengan dikembangkannya CLD

maka akan semakin mudah memahami bagaimana sistem tersebut berjalan.

### **3.3.5 Pengolahan Data**

Pada tahap ini data yang berasal dari PLN serta BPS akan diolah. Data tersebut meliputi data GI (Gardu Induk), data *demand* sosial dan publik, dan data PRDB. Dari data yang diolah dapat diketahui berapa persen pertumbuhan data tersebut dari data sebelumnya.

### **3.3.6 Tahap Penentuan Ekuasi**

Agar model bisa diterjemahkan ke dalam model yang dapat disimulasikan maka setiap komponen (*parameter*, *rate*, dan *level*) harus diberikan suatu ekuasi tertentu. Ekuasi tersebut berasal dari sumber-sumber terpercaya, termasuk dari observasi dan kajian pustaka. Setiap komponen ditentukan ekuasi apa yang sesuai.

### **3.3.7 Tahap Pembuatan Model**

Pemodelan yang dilakukan adalah pemodelan dari data alur gardu induk Jawa Timur. Dimana dari pemodelan tersebut dapat diketahui daya terpasang dan daya mampu, sehingga dapat diketahui pula daya yang tidak terpakai. Dengan demikian kita dapat mengoptimalkan daya mampu dan memperkecil daya yang tidak terpakai. Hasil dari pemodelan tersebut adalah dengan adanya grafik yang real, karena data yang digunakan adalah data asli dari PT.PLN. Sehingga nantinya bisa menjadi data analisis untuk tujuan tugas akhir ini.

*Long-term dinamic modeling* adalah pemodelan dengan jangka waktu yang panjang. Seperti per-bulan, atau per-tahun. Dalam tugas akhir ini, proses *long-term* akan dilakukan dengan perhitungan jangka waktu per-bulan. Tujuan *long-term* adalah untuk melakukan *forecasting* konsumsi listrik beberapa bulan atau tahun kedepan.

### 3.3.8 Tahap Validasi

Setelah dilakukan simulasi dengan memasukkan data historikal maka hasil simulasi dilakukan uji validasi. Tahap uji validasi bertujuan untuk mengetahui apakah pemodelan sistem yang dikembangkan telah cukup merepresentasikan sistem yang sebenarnya dengan cara membandingkan data hasil dari sistem sebenarnya dengan data hasil simulasi. Ada 2 uji validasi yang dilakukan yaitu menggunakan perbandingan rata-rata (*error mean*) dan perbandingan variasi amplitudo (*error variance*).

Apabila hasil uji validasi kedua-duanya memenuhi syarat maka model tersebut telah valid dimana dapat merepresentasikan sistem yang sebenarnya sehingga dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya. Dan apabila tidak valid maka tahapan penelitian bisa diulangi lagi ke tahap pemahaman sistem untuk diperbaiki konseptualnya.

### 3.3.9 Pembuatan Skenario

Setelah *base model* valid, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan skenario model. Pada tahap ini *final time* ditambah menjadi waktu yang diinginkan untuk diproyeksikan kedepan. Pada tahap ini terdapat 3 jenis skenario yaitu skenario *most likely* (rata-rata), optimis, dan pesimis.

### 3.3.10 Perbandingan dengan metode DKL 3.2

Pada tahap ini, membandingkan metode simulasi dinamis dengan metode DKL 3.2 dengan membandingkan *error* yang terjadi diantara kedua metode tersebut.

### 3.3.11 Analisis dan kesimpulan

Setelah mensimulasikannya ke dalam vensim, maka langkah selanjutnya adalah memberikan analisis dan kesimpulan terhadap penelitian tugas akhir yang telah dilakukan. Hasil dari

analisis dan kesimpulan ini dapat menjadi acuan untuk menentukan rekomendasi atau kebijakan.

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas implementasi dari pembuatan model dan penerapan metode yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Dalam bab ini dijelaskan dari awal pembuatan model sampai dengan hasil akhir yang didapatkan dari pengerjaan tugas akhir ini.

#### **4.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Pada subbab ini data-data yang digunakan meliputi data-data GI, data *demand* sektor sosial dan publik, serta data PDRB. Data-data tersebut kemudian diolah agar dapat dimasukkan ke dalam model.

##### **4.1.1 Pengolahan Data Supply**

Data *supply* diperoleh dari data gardu induk Jawa Timur. Contoh datanya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2, dalam data tersebut terdapat list setiap gardu induk. Setiap gardu induk memiliki 1 ataupun lebih penyulang. Penyulang ini yang membedakan 1 gardu induk dapat menyuplai lebih dari 1 APJ. Total gardu induk di Jawa Timur ada 98 gardu yang dibagi dalam 3 daerah persebaran gardu di Jawa Timur, yaitu bagian tengah, bagian timur, dan bagian barat.

Tugas akhir ini mengambil 3 sampel APJ seperti yang sudah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Gardu induk yang mensuplai pasokan energi listrik pada ketiga APJ tersebut dijelaskan pada Tabel 4.1 untuk APJ BJG, Tabel 4.2 untuk APJ MJK, dan Tabel 4.3 untuk APJ SBU. Alasan pemilihan 3 APJ tersebut, untuk APJ BJG mewakili daerah yang sepi di Jawa Timur, untuk APJ SBU mewakili daerah yang padat penduduk di Jawa Timur, dan APJ MJK merupakan daerah yang banyak daerah industri, serta total Jawa Timur untuk keseluruhan total di daerah Jawa Timur.

**Tabel 4.1 Gardu Induk APJ BJG**

<b>Nama Gardu Induk</b>	<b>Kapasitas Daya Tampung Maksimal dalam 1 Bulan (VA)</b>
GI Lamogan	2.160.000.000
GI Mliwang	1.440.000.000
GI Paciran	1.440.000.000
GI Tuban	2.160.000.000
GI Bojonegoro	3.360.000.000
GI Babat	1.440.000.000

**Tabel 4.2. Gardu Induk APJ MJK**

<b>Nama Gardu Induk</b>	<b>Kapasitas Daya Tampung Maksimal dalam 1 Bulan (VA)</b>
GI Ngoro	4.320.000.000
GI Mojokerto	4.320.000.000
GI Kertosono	1.440.000.000
GI Mojoagung	1.440.000.000
GI Nganjuk	1.680.000.000
GI Ngimbang	1.440.000.000
GI Ploso	1.920.000.000
GI Siman	720.000.000
GI Tarik	480.000.000
GI Jaya Kertas	1.440.000.000
GI Jombang	1.440.000.000

**Tabel 4.3. Gardu Induk APJ SBU**

<b>Nama Gardu Induk</b>	<b>Kapasitas Daya Tampung Maksimal dalam 1 Bulan (VA)</b>
GI Tandes	2.040.000.000
GI Perak	1.440.000.000
GI Krembangan	3.840.000.000
GI Alta Prima	604.800.000
GI Kenjeran	3.840.000.000
GI Kupang	2.880.000.000
GI Ngagel	518.400.000
GI Sawahan	2.640.000.000
GI Simpang	2.208.000.000
GI Ujung	1.440.000.000
GI Undaan	1.440.000.000

Tabel 4.1, 4.2, dan 4.3 kapasitas daya tampung merupakan total maksimal pasokan listrik yang dapat didistribusikan, sedang jumlah persentase tersebut adalah seberapa persen pasokan listrik yang didistribusikan gardu induk tersebut kepada pelanggan di APJ terkait.

#### **4.1.2 Pengolahan Data Demand**

Langkah selanjutnya setelah mengolah data *supply* adalah mengolah data *demand*. *Demand* di sektor sosial dan publik dibagi menjadi beberapa tarif, untuk sektor sosial terdiri dari S-1, S-2, dan S-3 kemudian untuk publik terdiri dari P-1, P-2, dan P-3. Tabel 4.4 ditunjukkan contoh dan detail dari setiap tarif.

**Tabel 4.4 Keterangan Setiap Tarif**

<b>Jenis Tarif</b>	<b>Contoh Tarif</b>	<b>Keterangan</b>
S-1	Mushola, Pos Kamling	Pemakaian sangat kecil (220VA)
S-2	Sekolah, Gereja, Masjid, Pondok Pesantren, Rumah Sakit	Badan sosial kecil sampai menengah (250VA s/d 200kVA)
S-3	Kampus, Rumah Sakit Besar	Badan sosial besar (diatas 200kVA)
P-1	Terminal, Stasiun, Rumah Pompa PDAM, Kantor Polisi, Pengadilan Agama, Kantor Pemerintah, Bank, Koramil, KUA, Pegadaian	Gedung pemerintahan kecil atau sedang (250VA s/d 250kVA)
P-2	Hampir sama dengan tarif P-1 tapi memiliki daya yang lebih besar	Gedung pemerintahan besar (Diatas 200kVA)
P-3	Penerangan Jalan Umum (PJU), <i>Traffic Light</i>	Penerangan jalan umum

#### **4.1.3 Pengolahan Data PDRB**

Data sekunder yang dilihat dari aspek perekonomian di Jawa Timur meliputi data Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) untuk setiap jenis PDRB yang sudah dipetakan dalam data Berita Resmi Statistik BPS Pertumbuhan Ekonomi Jawa Timur.



Data perekonomian yang dipakai adalah PDRB, hal ini dikarenakan untuk memenuhi kaidah metode ekonometrik diperlukan faktor luar berupa variabel yang berhubungan dengan perekonomian yang secara tidak langsung berhubungan dan mempengaruhi variabel kelistrikan yang ada pada model.

Data yang digunakan adalah data PDRB atas dasar harga berlaku dari tahun 2012 sampai tahun 2014 pada berita resmi statistik BPS pertumbuhan ekonomi Jawa Timur [2].

**Tabel 4.5 Contoh Data PDRB dari BPS Tahun 2012 Dalam Juta Rupiah**

Jenis PDRB	PDRB Tahun 2012			
	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV
<b>Angkutan</b>	7.946.229	8.458.706	8.950.446	9.556.145
<b>Bank</b>	2.628.167	2.791.726	2.949.381	3.164.219
<b>Lembaga Keuangan bukan Bank</b>	2.121.983	2.216.368	2.445.588	2.480.567
<b>Pemerintahan Umum</b>	6.847.583	8.658.206	9.275.063	10.370.36
<b>Jasa Sosial kemasyarakatan</b>	2.116.857	2.530.096	2.530.098	2.573.659

Tabel 4.5 menunjukkan nilai PDRB dari setiap jenis PDRB di Jawa Timur pada tahun 2012. Pencatatan PDRB sosial dan publik oleh BPS dilakukan setiap triwulan mulai dari Triwulan I sampai Triwulan IV sehingga diperlukan pencocokan data dengan mengasumsikan data tiap tengah bulan pada setiap triwulan adalah data pada Tabel 4.5 agar pemetaan hubungan PDRB terhadap tarif dapat dilakukan dengan *time step* dari Januari 2012 hingga Desember 2014 pada model.

Tabel 4.6 dapat dipetakan hubungan antara jenis tarif dengan jenis PDRB yang bersangkutan. Hubungan ini berdasarkan asumsi terkait data pelanggan yang sesuai, dikaitkan dengan data PDRB yang ada.

**Tabel 4.6 Pemetaan PDRB Terhadap Tarif**

No	Jenis PDRB	Tarif
1	Angkutan	P-1, P-2
2	Bank	P-1, P-2
3	Lembaga Keuangan Bukan Bank	P-1
4	Pemerintahan Umum	P-3
5	Jasa Sosial Kemasyarakatan	S-1, S-2, S-3

Dari daftar data nama pelanggan sektor sosial dan publik bisa dipetakan jenis-jenis PDRB sosial dan publik terhadap jenis tarif sektor sosial dan publik untuk mencari hubungan antar data sekunder berupa PDRB terhadap data kelistrikan per tarif pada model sistem dinamis.

## 4.2 Pemahaman Sistem

Subbab ini membahas tentang pemahaman sistem kelistrikan yang saling mempengaruhi dalam model. Selain itu juga hubungan antar data dari variabel sekunder ke variabel primer, yaitu variabel kelistrikan pada data PLN.

Pertama, variabel daya tersambung dengan satuan VA merupakan daya maksimal yang bisa dipakai pelanggan pada satu waktu tertentu, jika daya yang digunakan melebihi daya terpasang maka sekering listrik akan *off* dan listrik mati karena melebihi tegangan maksimal. Rumus daya terpasang dijelaskan dalam Persamaan 4.1.

$$P = V \times I \quad (4.1)$$

Pada Persamaan 4.1  $P$  merupakan daya terpasang pelanggan, yaitu daya maksimal yang dapat digunakan pelanggan tersebut.  $V$  adalah tegangan listrik maksimal yang dapat semua peralatan listrik atau elektronik pelanggan dalam satu waktu.  $I$  adalah arus listrik maksimal yang mengalir di kabel listrik pelanggan saat peralatan elektronik digunakan.

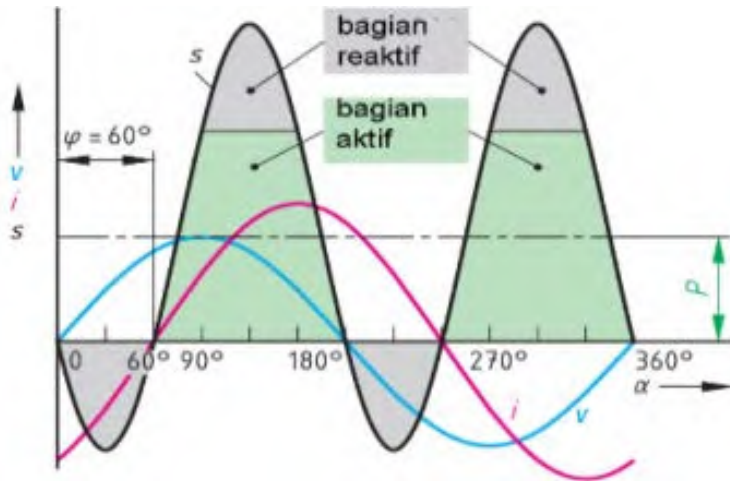
Variabel kedua adalah variabel energi listrik. Energi listrik adalah daya listrik aktif yang dipakai dengan lama suatu waktu tertentu. Misal penggunaan daya sebanyak 300 *watt* dalam waktu 1 jam. Daya aktif dijelaskan dalam Persamaan 4.2, sedangkan energi listrik dijelaskan dalam Persamaan 4.3.

$$P_a = V \times I \times \cos \varphi \quad (4.2)$$

$$W = P_a \times \Delta t \quad (4.3)$$

$P_a$  pada Persamaan 4.2 dan 4.3 adalah daya aktif, yaitu secara nyata benar-benar digunakan oleh beban kebutuhan listrik dari peralatan elektronik pelanggan. Satuan dari daya aktif adalah *watt*.  $V$  dan  $I$  pada Persamaan 4.2 dan 4.3 sama dengan Persamaan 4.1. Sedangkan  $\cos \varphi$  adalah faktor daya atau sudut fasa dari penggunaan listrik, dijelaskan dalam Gambar 4.1. Nilai  $\cos \varphi$  pada daya aktif PLN normalnya adalah 0,8. Sehingga untuk mengubah dari daya tersambung menjadi daya aktif yang digunakan nilainya harus dikalikan dengan nilai  $\cos \varphi$  normal 0,8 [11].

Daya aktif pada beban *impedansi*, beban *impedansi* pada suatu rangkaian disebabkan oleh beban yang bersifat *resistansi* dan *induktansi*. Maka gelombang mendahului gelombang arus sebesar  $\varphi$ . Perkalian gelombang tegangan dan gelombang arus menghasilkan dua puncak positif yang besar dan dua puncak negatif yang kecil. Pergeseran sudut fasa bergantung seberapa besar nilai dari komponen induktornya. Sudut fasa daya listrik ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1 Sudut Fasa Daya Aktif Reaktif Listrik**

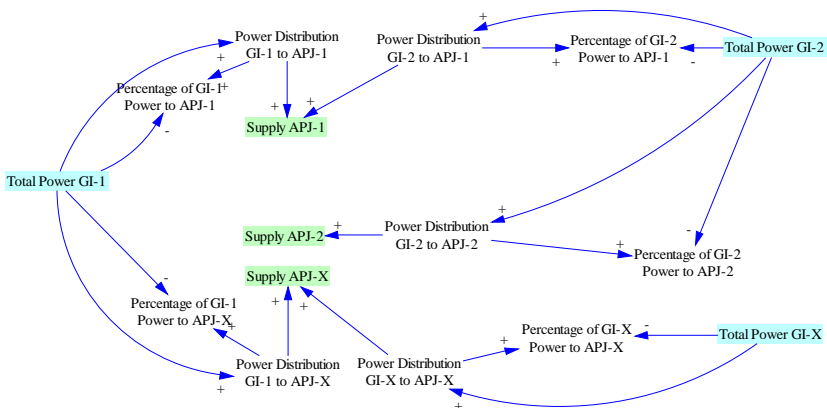
Terakhir adalah variabel sekunder yang merupakan PDRB yang mempunyai satuan rupiah. Secara tidak langsung PDRB mempengaruhi penggunaan energi listrik sehingga kebutuhan energi listrik naik seiring dengan pertumbuhan PDRB. Satuan PDRB rupiah sehingga tidak dapat dihubungkan secara langsung dengan variabel energi listrik. Hubungan tidak langsung pada model didapatkan dari pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan kebutuhan energi listrik setiap tarif umum dan sosial PLN di Jawa Timur. Hal tersebut dikarenakan satuan pertumbuhan baik listrik maupun PDRB dalam bentuk persen sehingga secara satuan hubungan kedua variabel tersebut benar. Hubungan antar variabel benar jika satuan variabel-variabel dalam model tersebut dapat dikonversikan dengan benar pula.

### 4.3 Pemodelan Causal Loop Diagram

Pada subbab pemodelan *causal loop diagram* ini akan dijelaskan bagaimana *diagram causal loop* dari sistem kelistrikan yang ada di Jawa Timur. *Causal loop diagram* ini dibuat berdasarkan pemahaman sistem dan pengolahan data yang telah terlebih dahulu dilakukan. Secara garis besar hubungan sebab akibat antar variabel yang mendukung sistem kelistrikan di Jawa Timur dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu hubungan sebab akibat bagian *supply*, hubungan sebab akibat bagian *demand*, dan hubungan sebab akibat penambahan daya atau gardu induk baru [12].

#### 4.3.1 Hubungan Sebab Akibat Bagian Supply

Pada bagian *supply*, persentase GI dipengaruhi oleh gardu induk tersebut apakah hanya menyuplai ke 1 APJ atau lebih. Persentase tersebut didapat dari pengolahan data *supply* pada subbab sebelumnya.



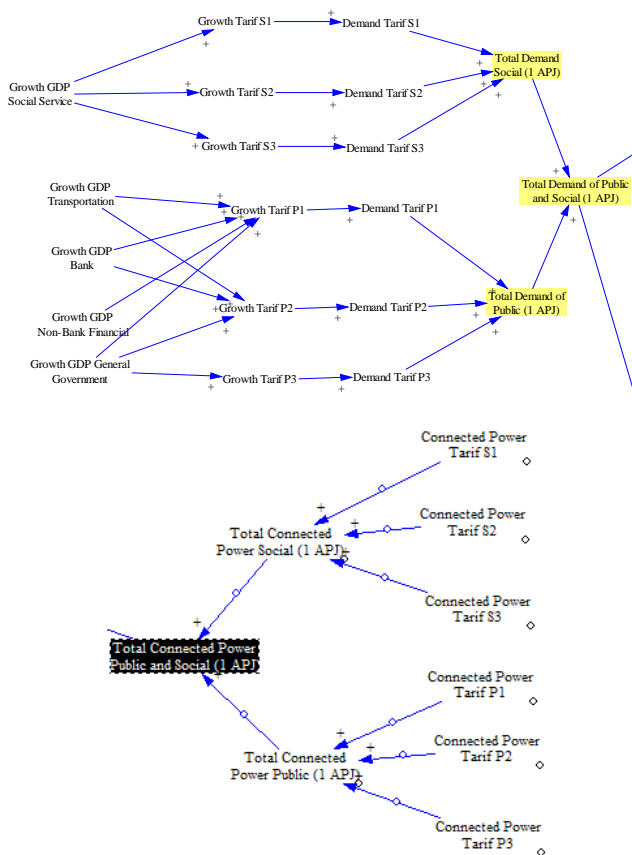
**Gambar 4.2 Causal Loop Diagram Bagian Supply**

Gambar 4.2 menggambarkan bagaimana gardu-gardu induk di Jawa Timur mengirimkan pasokan listrik pada beberapa APJ dalam model dinamis. Satu gardu induk bisa saja

mendistribusikan energi listrik kepada lebih dari satu APJ seperti pada variabel *GI-1*. Sebaliknya, satu APJ tentu menerima distribusi energi listrik dari lebih dari satu gardu induk.

#### 4.3.2 Hubungan Sebab Akibat Bagian Demand

Pada bagian *demand*, pertumbuhan tarif dipengaruhi oleh pertumbuhan PDRB yang berkaitan dengan tarif tersebut. satu tarif bisa dipengaruhi oleh satu atau lebih PDRB, sesuai dengan pemetaan yang sudah terlebih dahulu dilakukan.



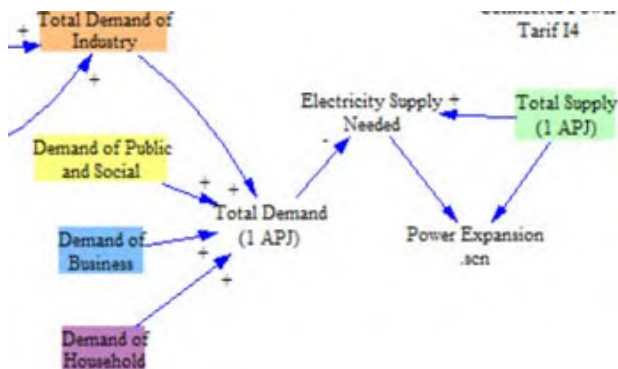
Gambar 4.3 Causal Loop Diagram Bagian Demand

Gambar 4.3 menunjukkan bagaimana *demand* atau kebutuhan energi listrik pelanggan. Total *demand* merupakan jumlah dari *demand* seluruh sektor, lalu dari total *demand* dapat dicari kekurangan *supply* listrik ketika *supply* pada saat sekarang ini sudah tidak bisa memenuhi *demand* listrik yang terus tumbuh. *Connected power* adalah daya tersambung pelanggan, daya tersambung pelanggan dibandingkan dengan *demand* untuk mencari utilisasi penggunaan listrik dari pelanggan dengan skala 0-100% dan dari utilisasi tersebut bisa dicari rata-rata jumlah jam penggunaan listriknya.

Secara keseluruhan hubungan *loop* antara *demand* dan *supply* energi listrik terjadi dengan adanya ekspansi untuk penambahan *supply* daya listrik untuk memenuhi *demand* yang terus naik.

#### 4.3.3 Hubungan Sebab Akibat Penambahan Daya Listrik

Pada bagian ini terdapat total *demand* yaitu total dari keseluruhan dari 4 sektor yang ada di Jawa Timur. Dengan total *demand* tersebut apakah dengan total *supply* yang ada dapat memenuhi permintaan listrik, apabila tidak maka dibutuhkan penambahan daya (*power expansion*) dan apabila memungkinkan adalah penambahan gardu induk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Causal Loop Digram GI dan Power Expansion

#### 4.4 Pemodelan Diagram Stock and Flow

Tabel 4.7 merupakan *time bound* yang akan dibuat pada model.

**Tabel 4.7 Time Bound pada Base Model**

Variabel	Nilai	Keterangan
<i>Initial Time</i>	1	Waktu awal simulasi yaitu bulan Januari 2012
<i>Final Time</i>	50	Waktu akhir simulasi yaitu 50 artinya bulan Februari 2016
<i>Save Result</i>	<i>Every Time Step</i>	Penyimpanan hasil dilakukan setiap <i>time step</i>
<i>Unit</i>	<i>Month</i>	Per satu <i>time step</i> memiliki satuan bulan

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan aplikasi Vensim, dengan *time bound* dari 1-50 untuk *base model*. Atau sama dengan dari bulan Januari sampai Februari 2016.

Ada beberapa fungsi yang terdapat dalam aplikasi vensim. Fungsi yang sering digunakan dalam pembuatan model ini antara lain:

##### 1. IF THEN ELSE

Fungsi ini digunakan untuk mengatur *rate* yang masuk agar hasil model hampir sama dengan hasil dari data asli, agar *error* yang ada tidak melebihi syarat yang ditentukan bahwa model tersebut valid. Aturan penulisannya adalah:

*IF THEN ELSE* (*syarat kondisi, kondisi benar, kondisi salah*)

##### 2. MODULO

Fungsi ini digunakan untuk mendapatkan sisa bagi suatu variabel, digunakan untuk perulangan fungsi agar fungsi yang diimplementasikan tidak semakin mendekati *error* yang tinggi. Aturan penulisannya adalah:

*MODULO*(*variabel, pembagi*)



#### 4.4.1 Supply Jatim

Model *supply* menjelaskan nilai total dari pasokan dari suatu APJ yang didapatkan dari seluruh distribusi dari gardu-gardu induk yang memasok APJ tersebut. Variabel *supply* di dalam model direpresentasikan sebagai *auxiliary supply*. APJ yang dipengaruhi oleh distribusi gardu induk terhadap APJ terkait yang direpresentasikan sebagai *auxiliary power distribution GI to APJ*. Nilai dari total kapasitas daya maksimal gardu induk merupakan jumlah dari total seluruh distribusi daya ke seluruh APJ yang gardu induk (GI) tersebut distribusikan.

$$Supply = \sum_{i=1}^n GI_i \quad (4.4)$$

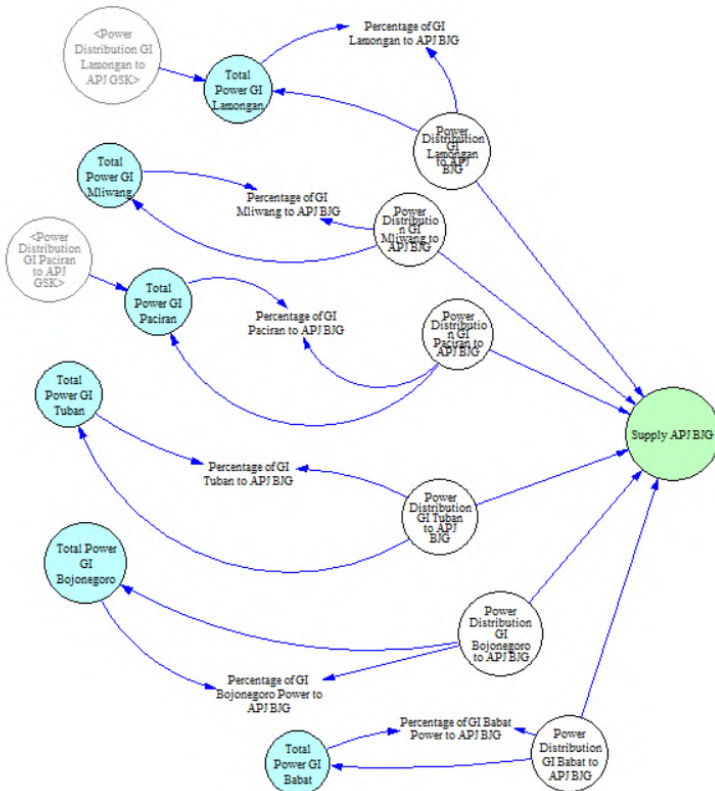
Persamaan 4.4 menjelaskan pencarian total *supply* dengan mencari jumlah seluruh distribusi gardu-gardu induk yang disimbolkan dengan *GI* di sejumlah *n* gardu yang mendistribusikan pada APJ tersebut.

$$PowerGI = \sum_{i=1}^n GI_{toAPJ_i} \quad (4.5)$$

Persamaan 4.5 bagaimana ekuasi untuk total kapasitas gardu induk yang direpresentasikan sebagai *Power GI* adalah total jumlah seluruh distribusi gardu induk tersebut ke seluruh APJ yang dipasok sejumlah *n* APJ oleh gardu induk tersebut yang direpresentasikan sebagai *GI to APJ* dalam Persamaan 4.4.

##### 4.4.1.1 Supply Area Pelayanan Jaringan (APJ)

Gambar 4.5 merupakan contoh salah satu APJ yang ada di Jawa Timur. Gambar 4.5 dijelaskan bahwa *supply* APJ Bojonegoro diterima dari 6 gardu induk. Terdapat 2 gardu induk yang juga memasok APJ lain yaitu APJ GSK, dua gardu induk tersebut adalah gardu induk Mliwang dan gardu induk Lamongan.



**Gambar 4.5 Contoh Supply pada APJ Tertentu**

Tabel 4.8 menunjukkan isi dari *auxiliary* dari total daya maksimal gardu induk pada APJ maupun total di Jawa Timur. Ekuasi pada Tabel 4.8 didapatkan dengan menerapkan Persamaan 4.5.

**Tabel 4.8 Auxiliary Total Power GI**

Nama	Total	Power	Satuan	VA
------	-------	-------	--------	----

	GI X		
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Power Distribution GI X to APJ X</i></li> <li>• <i>Power Distribution GI Y to APJ X</i></li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
<i>Power Distribution GI X to APJ X + Power Distribution GI Y to APJ X + ... + Power Distribution GI n to APJ X</i>			

Tabel 4.9 menunjukkan isi dari *auxiliary* dari presentase *Power* GI ke suatu APJ. Persentase nya didapat dari *power* distribusi GI dibagi dengan total *power* gardu induk tersebut.

**Tabel 4.9 Auxiliary Percentage of GI X Power to APJ X**

<b>Nama</b>	<i>Percentage of GI X Power to APJ X</i>	<b>Satuan</b>	Dmnl
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Power Distribution GI X to APJ X</i></li> <li>• <i>Total Power GI X</i></li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
<i>Power Distribution GI X to APJ X/Total Power GI X</i>			

Tabel 4.10 menunjukkan isi dari *auxiliary* dari *supply* suatu APJ maupun total di Jawa Timur. Ekuasi pada Tabel 4.10 didapatkan dengan menerapkan Persamaan 4.4.

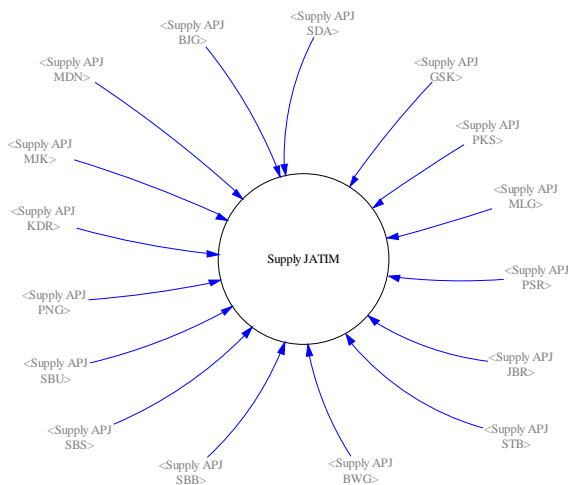
**Tabel 4.10 Auxiliary Power Distribution GI X to APJ X**

<b>Nama</b>	<i>Supply APJ X</i>	<b>Satuan</b>	VA
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	• <i>Power</i>

			<i>Distribution GI X to APJ X ,</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Power Distribution GI Y to APJ X</i></li> <li>• <i>Power Distribution GI Z to APJ X</i></li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
<i>Power Distribution GI X to APJ X + Power Distribution GI Y to APJ X + Power Distribution GI Z to APJ X + ..... +Power Distribution GI n to APJ X</i>			

#### 4.4.1.2 Supply Total Jatim

Gambar 4.6 merupakan diagram *stock and flow* dari *supply* seluruh Jawa Timur. *Supply* dari Jawa Timur merupakan akumulasi total dari seluruh *supply* dari semua 16 APJ yang terdapat di Jawa Timur.



**Gambar 4.6 Supply Total Seluruh Jawa Timur**

Tabel 4.11 menunjukkan isi dari *auxiliary supply* baik pada APJ maupun total di Jawa Timur. Ekuasi pada Tabel 4.11 didapatkan dengan menerapkan Persamaan 4.4.

**Tabel 4.11 Auxiliary Supply Jatim**

<b>Nama</b>	<i>Supply JATIM</i>	<b>Satuan</b>	VA
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Supply APJ MDN</i></li> <li>• <i>Supply APJ BJB</i></li> <li>• <i>Supply APJ SDA</i></li> <li>• <i>Supply APJ GSK</i></li> <li>• <i>Supply APJ PKS</i></li> <li>• <i>Supply APJ MLG</i></li> <li>• <i>Supply APJ PSR</i></li> <li>• <i>Supply APJ JBR</i></li> <li>• <i>Supply APJ STB</i></li> <li>• <i>Supply APJ BWG</i></li> <li>• <i>Supply APJ SBB</i></li> <li>• <i>Supply APJ SBS</i></li> <li>• <i>Supply APJ SBU</i></li> <li>• <i>Supply APJ PNG</i></li> <li>• <i>Supply APJ KDR</i></li> <li>• <i>Supply APJ MJK</i></li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
<i>Supply APJ MDN+Supply APJ BJB+Supply APJ SDA+Supply APJ GSK+Supply APJ PKS+Supply APJ MLG+Supply APJ PSR+Supply APJ JBR+Supply APJ STB+Supply APJ BWG+Supply APJ SBB+Supply APJ SBS+Supply APJ SBU+Supply APJ PNG+Supply APJ KDR+Supply APJ MJK</i>			

#### 4.4.2 PDRB Sosial dan Publik

Model PDRB sosial dan publik menjelaskan model PDRB dan pertumbuhannya mempengaruhi *demand* sosial dan publik di Jawa Timur. Sebelum membuat diagram *stock and flow* dari PDRB sosial dan publik, harus dicari persamaan grafik dari pertumbuhan PDRB. Tabel 4.12 ditunjukkan persentase kenaikan PDRB per triwulan. Karena data PDRB yang ada merupakan data per triwulan sehingga fungsi yang nanti akan dicari menggunakan data yang saat ini ada. Data PDRB yang ada merupakan data dari tahun 2012 sampai tahun 2014 saja.

**Tabel 4.12 Persentase Kenaikan PDRB per Triwulan**

Bulan ke-	Jasa Sosial	Angkutan	Pemerintahan	Bank	Bukan Bank
2	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%
5	19,521%	6,449%	26,442%	6,223%	4,448%
8	0,000%	5,813%	7,125%	5,647%	10,342%
11	1,722%	6,767%	11,809%	7,284%	1,430%
14	-7,745%	-4,069%	-27,149%	-0,920%	-0,384%
17	17,664%	6,065%	23,226%	6,664%	6,384%
20	-1,363%	7,261%	5,596%	8,036%	7,339%
23	2,510%	5,254%	12,575%	5,227%	1,966%
26	2,944%	-2,054%	-23,779%	1,926%	-0,188%
29	8,190%	5,030%	11,894%	4,392%	6,074%

Setelah persentasenya di *list*, maka langkah selanjutnya adalah memasukkan data tersebut ke Matlab. Kemudian, memakai fungsi '*sin3*', dikarenakan jumlah data yang terbatas.

1	Load enso;
2	A = fit ( Bulan, Angkutan, 'Sin3' );

**Kode Sumber 4.1 Membuat Fungsi Sinus pada Matlab**

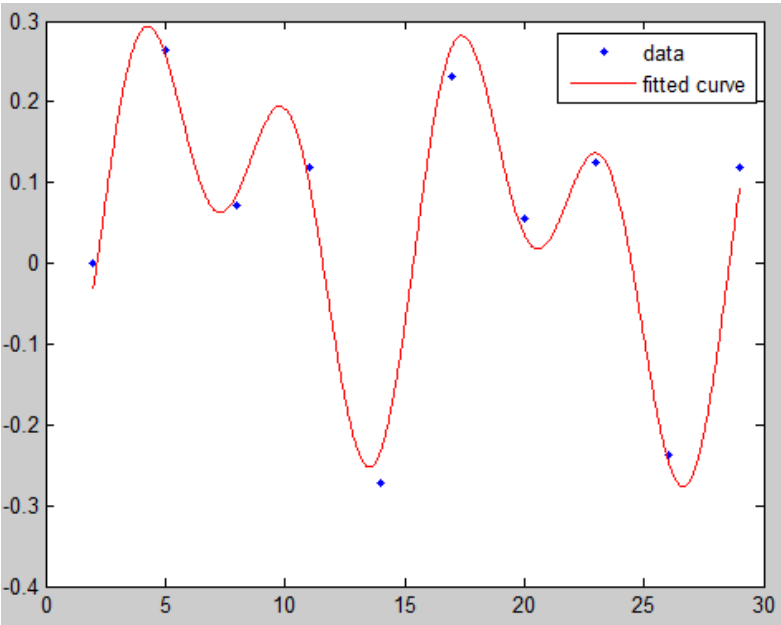
Pada subbab sebelumnya dijelaskan bahwa pendekatan persamaan yang mendekati naik turunnya grafik PDRB adalah grafik sinus. Matlab R2013a digunakan untuk mencari pendekatan grafik sinus terhadap waktu yang sesuai dan grafik yang sesuai untuk ekuasi pertumbuhan PDRB sosial dan publik direpresentasikan pada Persamaan 4.6.

$$\text{PDRB} = a_1 \times \sin(b_1 + c_1) + a_2 \times \sin(b_2 + c_2) + a_3 \times \sin(b_3 + c_3) \quad (4.6)$$

Pedekatan grafik seperti grafik sinus pada Persamaan 4.6 disebut *curve fitting*, yaitu mencari fungsi grafik yang medekati nilai dari data-data di masa lalu. Gambar 4.7 menunjukkan contoh *curve fitting* pada PDRB sosial dan publik.

1	Plot = (a, Bulan, Angkutan);
---	------------------------------

**Kode Sumber 4.2 Menampilkan Curve Fitting dari Data**



**Gambar 4.7 Curve Fitting PDRB Sosial dan Publik**

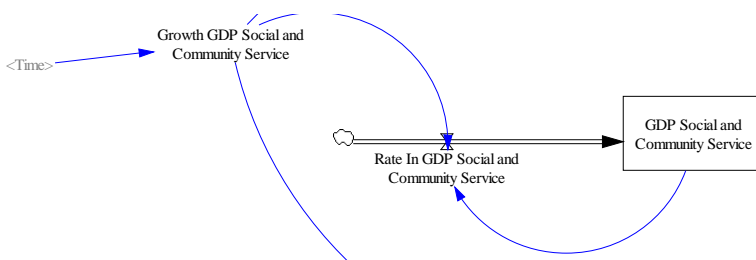
Pertumbuhan PDRB atau GDP dalam bahasa inggris didapatkan dengan menggunakan pendekatan penjumlahan 3 grafik sinus seperti pada Persamaan 4.6. Dengan nilai a, b, dan c merupakan koefisien yang didapatkan dengan akurasi lebih dari 95%.

Pada subbab diagram *causal loop* telah dijelaskan bagaimana pemetaan jenis-jenis PDRB terhadap tarif sosial dan

publik di PLN. Terdapat 5 jenis PDRB sosial dan publik yang berbeda sehingga terdapat pula 5 ekuasi pada setiap jenis PDRB berbeda seperti pada Persamaan 4.6 dengan koefisien yang berbeda pula.

#### 4.4.2.1 PDRB Jasa Sosial dan Kemasyarakatan

Gambar 4.8 menunjukkan model PDRB jasa sosial dan kemasyarakatan. *Level* GDP pada Gambar 4.8 merupakan akumulasi dari pertumbuhan setiap GDP yang direpresentasikan *Rate in* pada Gambar 4.8. *Rate in* merupakan penambahan GDP setiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari GDP tersebut yang direpresentasikan sebagai *growth* pada Gambar 4.8.



**Gambar 4.8 Model PDRB Jasa Sosial dan Kemasyarakatan**

Tabel 4.13 merupakan implementasi dari Persamaan 4.6. Variabel yang mempengaruhi adalah *time*.

**Tabel 4.13 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Jasa Sosial dan Kemasyarakatan**

Nama	<i>Growth GDP and Sosial and Community</i>	Satuan	<i>1/Month</i>



	<i>Service</i>		
<b>Type</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<i>Time</i>
<b>Ekuasi</b>			
IF THEN ELSE( <i>Time</i> <50 , 0.03854*SIN(0.0706* <i>Time</i> +0.3062) +1.198*SIN(0.4807* <i>Time</i> +6.513)+1.153*SIN(0.4753* <i>Time</i> -2.777) , 0.03854*SIN(0.0706*MODULO( <i>Time</i> , 50)+0.3062)+1.198 *SIN(0.4807*MODULO( <i>Time</i> , 50)+6.513) +1.153*SIN(0.4753*MODULO( <i>Time</i> , 50 )-2.777) )			

Tabel 4.14 terdapat *rate* PDRB jasa sosial dan kemasyarakatan, *rate* merupakan penambahan GDP setiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari GDP jasa sosial dan kemasyarakatan.

Tabel 4.14 Rate PDRB Jasa Sosial dan Kemasyarakatan

<b>Nama</b>	<i>Rate in GDP Sosial and Community Service</i>	<b>Satuan</b>	Rupiah/Month
<b>Type</b>	<i>Rate</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Growth GDP Sosial and Community Service</i></li><li>• <i>GDP Sosial and Community Service</i></li></ul>
<b>Ekuasi</b>			
<i>GDP Sosial and Community Service*Growth GDP Sosial and Community Service</i>			

Tabel 4.15 terdapat *level* PDRB jasa sosial dan kemasyarakatan. *Level* adalah akumulasi dari *rate* yang masuk ke *level* pada setiap bulannya.

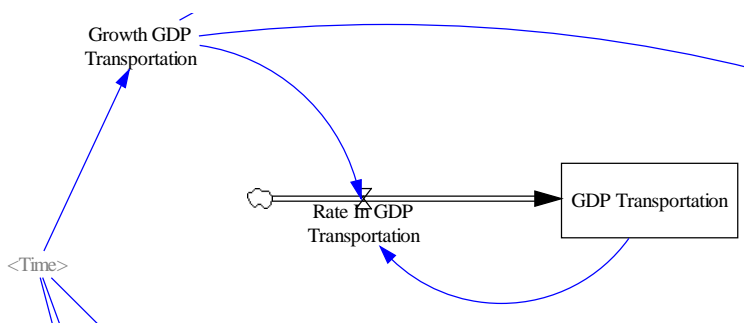
Tabel 4.15 Level PDRB Jasa Sosial dan Kemasyarakatan

<b>Nama</b>	<i>GDP Sosial and</i>	<b>Satuan</b>	Rupiah
-------------	-----------------------	---------------	--------

	<i>Community Service</i>		
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in GDP Sosial and Community Service</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal pendapatan PDRB			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in GDP Sosial and Community Service</i>			

#### 4.4.2.2 PDRB Angkutan

Gambar 4.9 menunjukkan model PDRB angkutan. *level* GDP pada Gambar 4.9 merupakan akumulasi dari pertumbuhan setiap GDP yang direpresentasikan *rate in* pada Gambar 4.9. *Rate in* merupakan penambahan GDP setiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari GDP tersebut yang direpresentasikan sebagai *growth* pada Gambar 4.9.



**Gambar 4.9 Model PDRB Angkutan**

Tabel 4.16 merupakan implementasi dari Persamaan 4.6. Variabel yang mempengaruhi adalah *time*.

**Tabel 4.16 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Angkutan**

<b>Nama</b>	<i>Growth GDP Transportation</i>	<b>Satuan</b>	<i>1/Month</i>
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<i>Time</i>

Ekuasi
IF THEN ELSE( $Time < 50$ , $0.03854 * SIN(0.0706 * Time + 0.3062) + 1.198 * SIN(0.4807 * Time + 6.513) + 1.153 * SIN(0.4753 * Time - 2.777)$ , $0.03854 * SIN(0.0706 * MODULO(Time, 50) + 0.3062) + 1.198 * SIN(0.4807 * MODULO(Time, 50) + 6.513) + 1.153 * SIN(0.4753 * MODULO(Time, 50) - 2.777)$ )

Tabel 4.17 terdapat *rate* PDRB angkutan, *rate* merupakan penambahan GDP setiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari GDP angkutan.

Tabel 4.17 Rate PDRB Angkutan

Nama	Rate in GDP Transportation	Satuan	Rupiah/Month
Tipe	Rate	Variabel	<ul style="list-style-type: none"><li>• Growth GDP Transportation</li><li>• GDP Transportation</li></ul>
Ekuasi			
GDP Transportation * Growth GDP Transportation			

Tabel 4.18 terdapat *level* PDRB angkutan. *Level* adalah akumulasi dari *rate* yang masuk ke *level* pada setiap bulannya.

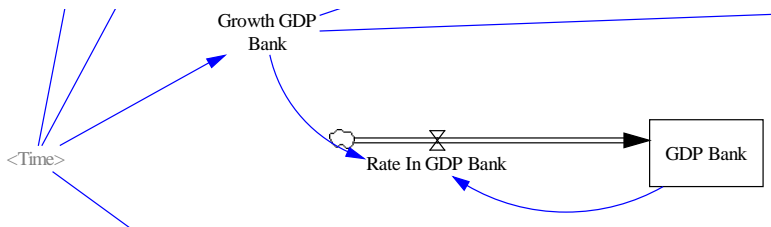
Tabel 4.18 Level PDRB Angkutan

Nama	GDP Transportation	Satuan	Rupiah
Tipe	Level	Variabel	Rate in GDP Transportation
Nilai Awal			
Nilai awal pendapatan PDRB			

Ekuasi
<i>Rate in Transportation</i>

#### 4.4.2.3 PDRB Bank

Gambar 4.10 menunjukkan model PDRB bank. *Level GDP* pada Gambar 4.10 merupakan akumulasi dari pertumbuhan setiap GDP yang direpresentasikan *rate in* pada Gambar 4.10. *Rate in* merupakan penambahan GDP setiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari GDP tersebut yang direpresentasikan sebagai *growth* pada Gambar 4.10.



**Gambar 4.10 Model PDRB Bank**

Tabel 4.19 merupakan implementasi dari Persamaan 4.6. Variabel yang mempengaruhi adalah *time*.

**Tabel 4.19 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Bank**

Nama	<i>Growth GDP Bank</i>	Satuan	1/Month
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<i>Time</i>
<b>Ekuasi</b>			
IF THEN ELSE( <i>Time</i> <50 ,0.03854*SIN(0.0706* <i>Time</i> +0.3062)+ 1.198*SIN(0.4807* <i>Time</i> +6.513)+1.153*SIN(0.4753* <i>Time</i> -2.777) , 0.03854*SIN(0.0706*MODULO( <i>Time</i> , 50)+0.3062)+ 1.198*SIN(0.4807*MODULO( <i>Time</i> , 50)+6.513)+1.153			

$*SIN(0.4753*MODULO(Time, 50 )-2.777))$
---

Tabel 4.20 terdapat *rate* PDRB bank, *rate* merupakan penambahan GDP setiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari GDP bank.

**Tabel 4.20 Rate PDRB Bank**

Nama	Rate in GDP Bank	Satuan	Rupiah/Month
Tipe	Rate	Variabel	<ul style="list-style-type: none"><li>• Growth GDP Bank</li><li>• GDP Bank</li></ul>
Ekuasi			
GDP Bank*Growth GDP Bank			

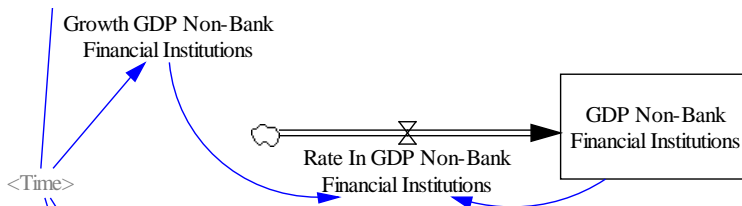
Tabel 4.21 terdapat *level* PDRB bank. *Level* adalah akumulasi dari *rate* yang masuk ke *level* pada setiap bulannya.

**Tabel 4.21 Level PDRB Bank**

Nama	GDP Bank	Satuan	Rupiah
Tipe	Level	Variabel	Rate in GDP Bank
Nilai Awal			
Nilai awal pendapatan PDRB			
Ekuasi			
Rate in GDP Bank			

**4.4.2.4PDRB Lembaga Keuangan Bukan Bank**

Gambar 4.11 menunjukkan model PDRB lembaga keuangan bukan bank. *Level* GDP pada Gambar 4.11 merupakan akumulasi dari pertumbuhan setiap GDP yang direpresentasikan *rate in* pada Gambar 4.11. *Rate in* merupakan penambahan GDP setiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari GDP tersebut yang direpresentasikan sebagai *growth* pada Gambar 4.11.



**Gambar 4.11 Model PDRB Lembaga keuangan bukan bank**

Tabel 4.22 merupakan implementasi dari Persamaan 4.6. Variabel yang mempengaruhi adalah *time*.

**Tabel 4.22 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Lembaga keuangan Bukan Bank**

Nama	<i>Growth GDP Non-Bank Financial Institutions</i>	Satuan	1/Month
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<i>Time</i>
<b>Ekuasi</b>			
IF THEN ELSE( $Time < 120, 0.07843 * \sin(0.00445 * Time + 2.534) + 0.04862 * \sin(0.5442 * Time + 3.756) + 0.01107 * \sin(0.7941 * Time + 14.08)$ , $0.03854 * \sin(0.0706 * \text{MODULO}(Time, 50)) + 0.3062$ ) + $1.198 * \sin(0.4807 * \text{MODULO}(Time, 50)) + 6.513$ ) + $1.153 * \sin(0.4753 * \text{MODULO}(Time, 50) - 2.777)$ )			

Tabel 4.23 terdapat *rate* PDRB lembaga keuangan bukan bank, *rate* merupakan penambahan GDP setiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari GDP lembaga keuangan bukan bank.

**Tabel 4.23 Rate PDRB Lembaga Keuangan Bukan Bank**

Nama	<i>Rate in GDP Non-Bank Financial Institutions</i>	Satuan	Rupiah/Month
Tipe	<i>Rate</i>	Variabel	• <i>Growth GDP</i>

			<i>Non-Bank Financial Institutions</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• GDP <i>Non-Bank Financial Institutions</i></li></ul>
<b>Ekuasi</b>			
GDP <i>Non-Bank Financial Institutions</i> *Growth GDP <i>Non-Bank Financial Institutions</i>			

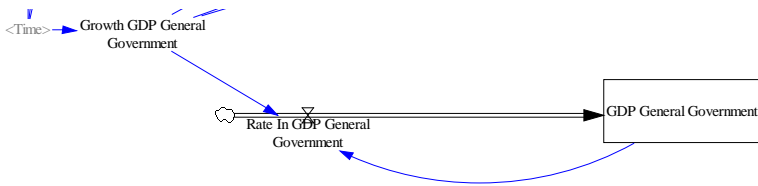
Tabel 4.24 terdapat *level* PDRB lembaga keuangan bukan bank. *Level* adalah akumulasi dari *rate* yang masuk ke *level* pada setiap bulannya.

**Tabel 4.24 Level PDRB Lembaga Keuangan Bukan Bank**

<b>Nama</b>	GDP <i>Non-Bank Financial Institutions</i>	<b>Satuan</b>	Rupiah
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in GDP Non-Bank Financial Institutions</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal pendapatan PDRB			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in GDP Non-Bank Financial Institutions</i>			

**4.4.2.5 PDRB Pemerintahan Umum**

Gambar 4.12 menunjukkan model PDRB pemerintahan umum. *Level* GDP pada Gambar 4.12 merupakan akumulasi dari pertumbuhan setiap GDP yang direpresentasikan *rate in* pada Gambar 4.12. *Rate in* merupakan penambahan GDP setiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari GDP tersebut yang direpresentasikan sebagai *growth* pada Gambar 4.12.



**Gambar 4.12 Model PDRB Pemerintahan Umum**

Tabel 4.25 merupakan implementasi dari Persamaan 4.6. Variabel yang mempengaruhi adalah *time*.

**Tabel 4.25 Auxiliary Pertumbuhan PDRB Pemerintahan Umum**

Nama	<i>Growth GDP General Government</i>	Satuan	1/Month
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<i>Time</i>
<b>Ekuasi</b>			
IF THEN ELSE( <i>Time</i> <50, 0.1578*SIN(0.4892* <i>Time</i> -1.613)+0.6241*SIN(0.004049* <i>Time</i> +2.997)+0.1585*SIN(0.9545* <i>Time</i> -2.048) , 0.1578*SIN(0.4892*MODULO( <i>Time</i> , 50 )-1.613)+0.6241*SIN(0.004049*MODULO( <i>Time</i> , 50 )+2.997)+0.1585*SIN(0.9545*MODULO( <i>Time</i> , 50 )-2.048))			

Tabel 4.26 terdapat *rate* PDRB pemerintahan umum, *rate* merupakan penambahan GDP setiap bulan yang dipengaruhi berapa persen pertumbuhan dari GDP pemerintahan umum.

**Tabel 4.26 Rate PDRB Pemerintahan Umum**

Nama	<i>Rate in GDP General Government</i>	Satuan	Rupiah/Month
Tipe	<i>Rate</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Growth GDP General Government</i></li> <li><i>GDP General Government</i></li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			



GDP <i>General Government</i> *Growth GDP <i>General Government</i>
---

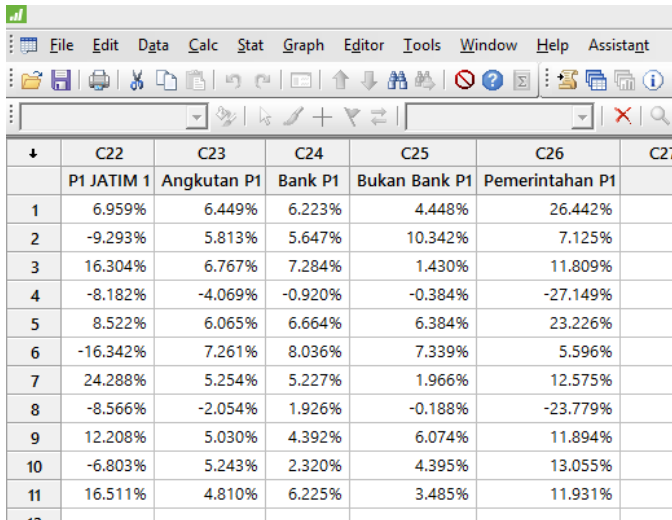
Tabel 4.27 terdapat *level* PDRB pemerintahan umum. *Level* adalah akumulasi dari *rate* yang masuk ke *level* pada setiap bulannya.

**Tabel 4.27 Level PDRB Pemerintahan Umum**

<b>Nama</b>	GDP <i>General Government</i>	<b>Satuan</b>	Rupiah
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in GDP General Government</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal pendapatan PDRB			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in GDP General Government</i>			

#### 4.4.3 Perhitungan Ekonometrik Sosial dan Publik

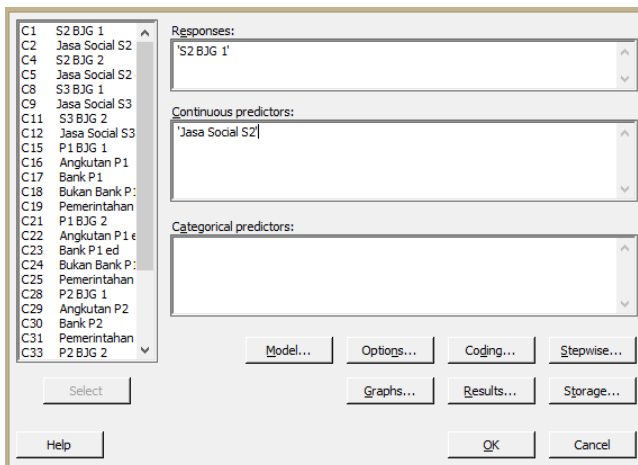
Pada subbab ini, akan dijelaskan langkah perhitungan persamaan ekonometrik. Pertama, memasukkan data pertumbuhan persentase pada setiap triwulan serta tarif yang berhubungan dengan PDRB yang terkait ke Minitab seperti pada Gambar 4.13. jadi pada setiap tarif dan APJ maka persamaannya akan berbeda.



	C22	C23	C24	C25	C26	C27
	P1 JATIM 1	Angkutan P1	Bank P1	Bukan Bank P1	Pemerintahan P1	
1	6.959%	6.449%	6.223%	4.448%	26.442%	
2	-9.293%	5.813%	5.647%	10.342%	7.125%	
3	16.304%	6.767%	7.284%	1.430%	11.809%	
4	-8.182%	-4.069%	-0.920%	-0.384%	-27.149%	
5	8.522%	6.065%	6.664%	6.384%	23.226%	
6	-16.342%	7.261%	8.036%	7.339%	5.596%	
7	24.288%	5.254%	5.227%	1.966%	12.575%	
8	-8.566%	-2.054%	1.926%	-0.188%	-23.779%	
9	12.208%	5.030%	4.392%	6.074%	11.894%	
10	-6.803%	5.243%	2.320%	4.395%	13.055%	
11	16.511%	4.810%	6.225%	3.485%	11.931%	

**Gambar 4.13 Contoh List Data Pertumbuhan Persentase untuk Mencari Persamaan Ekonometrik**

Kemudian klik fit model pada menu tab *stat*, maka akan muncul tampilan seperti pada Gambar 4.14.



**Gambar 4.14 Tampilan pada Menu Fit Model**

Kemudian pilih kolom mana yang akan dicari persamaannya, sehingga dipilih tarif dan PDRB yang bersangkutan. Setelah itu klik *Ok*.

```

Model Summary

          S      R-sq  R-sq(adj)  R-sq(pred)
0.0244831  89.81%   86.41%     71.38%

Coefficients

Term              Coef  SE Coef  T-Value  P-Value
Constant          -0.0160  0.0124   -1.29    0.287
Jasa Social S2 ed  0.611   0.119    5.14    0.014

Regression Equation

S2 BJK 2 = -0.0160 + 0.611 Jasa Social S2 ed

```

**Gambar 4.15 Hasil Perhitungan Persamaan Ekonometrik**

Gambar 4.15 menunjukkan hasil perhitungan dari Minitab, apabila *R-Square* mendekati 100% dan *P-Value* mendekati 0% maka fungsi yang didapatkan dapat digunakan. Apabila syarat tersebut tidak terpenuhi maka perlu dicari fungsi yang lain, *error* yang terjadi dikarenakan keterbatasan data serta kecocokan data yang didapatkan dari BPS dan PLN.

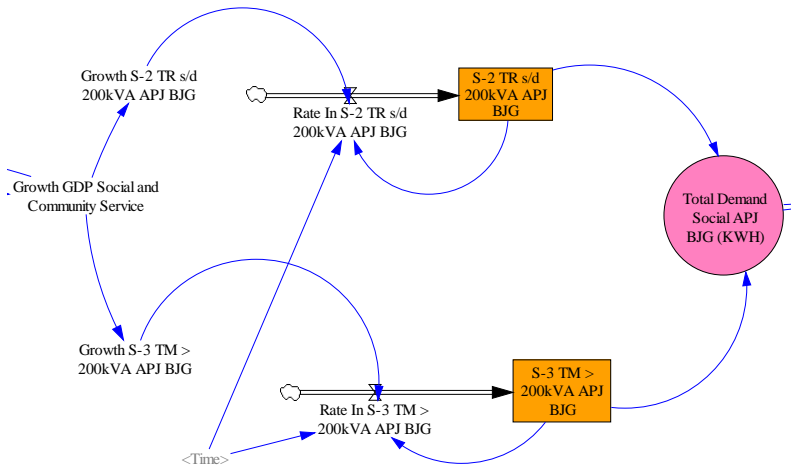
Fungsi yang didapatkan dari perhitungan pada aplikasi Minitab akan digunakan pada persamaan ekonometrik. Persamaan tersebut digunakan sebagai pengaruh dari PDRB terhadap tarif pada sektor sosial dan publik.

#### 4.4.4 Demand APJ Bojonegoro

Pada subbab ini akan dibuat *base model* untuk area Bojonegoro. Adapun penjelasannya untuk setiap bagian akan dijelaskan di subbab berikutnya.

##### 4.4.4.1 Penggunaan Listrik sektor Sosial APJ BJB

Gambar 4.16 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor sosial APJ BJB. Total *demand* sosial APJ BJB dipengaruhi oleh 2 variabel S-2 APJ BJB dan S-3 APJ BJB. S-1 APJ BJB tidak masuk ke *base model* dikarenakan data pada tarif tersebut kosong atau tidak ada pelanggan yang berlangganan pada tarif tersebut.



**Gambar 4.16 Model Penggunaan Listrik Sektor Sosial APJ BJB**

Metode ekonometrik digunakan untuk mencari ekuasi dari pertumbuhan *demand* energi listrik yang direpresentasikan sebagai *growth* dalam model. Hasil dari pendekatan regresi terhadap hubungan antara pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan kebutuhan atau *demand* energi listrik dijelaskan pada Tabel 4.28.

**Tabel 4.28 Persamaan Ekonometrik Sektor Sosial APJ BJB**

<b>Tarif</b>	<b>Ekuasi</b>
S-2 APJ BJB	$0.000313 + (0.327 * \text{Growth GDP Sosial and Community Service})$
S-3 APJ BJB	$-0.0048 + (0.593 * \text{Growth GDP Sosial and Community Service})$

Tabel 4.28 menunjukkan bahwa Tarif S-2 dan S-3 dipengaruhi oleh PDRB jasa sosial dan kemasyarakatan. Variabel pertumbuhan tarif yang direpresentasikan *growth* pada model untuk tarif S-2 dan S-3 yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDRB sosial dan publik dijelaskan pada Tabel 4.29.

**Tabel 4.29 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Sosial APJ BJB**

<b>Nama</b>	<i>Growth S-2 dan S-3 APJ BJB</i>	<b>Satuan</b>	<i>1/Month</i>
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<i>Growth GDP Sosial and Community Service</i>
<b>Ekuasi</b>			
Persamaan Ekonometrik Tabel 4.28			

Variabel jumlah *demand* tarif yang direpresentasikan menjadi *level* pada Gambar 4.16 mempunyai nilai awal sesuai data PLN untuk tiap tarif pada setiap APJ atau total Jawa Timur pada Januari 2012. Pada model variabel jumlah *demand* tarif S-2 dijelaskan pada Tabel 4.30.

**Tabel 4.30 Level Tarif S-2 APJ BJB**

<b>Nama</b>	S-2 APJ BJB	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in S-2 APJ BJB</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif S-2			
<b>Ekuasi</b>			

<i>Rate in S-2 APJ BJB</i>
----------------------------

Sedangkan pada model variabel jumlah *demand* tarif S-3 dijelaskan pada Tabel 4.31.

**Tabel 4.31 Level Tarif S-3 APJ BJB**

<b>Nama</b>	S-3 APJ BJB	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in S-3 APJ BJB</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif S-3			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in S-3 APJ BJB</i>			

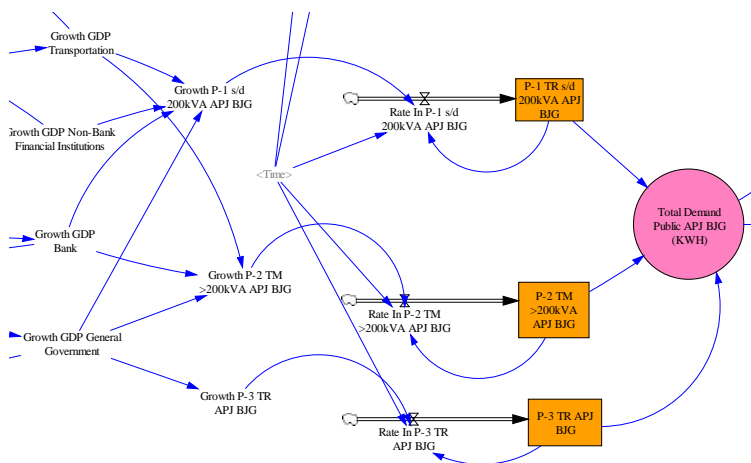
Tabel 4.32 merupakan tabel akumulasi dari variabel S-2 APJ BJB dan S-3 APJ BJB.

**Tabel 4.32 Auxiliary Total Demand Sosial APJ BJB**

<b>Nama</b>	Total <i>Demand</i> Sosial APJ BJB	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S-2 APJ BJB</li> <li>• S-3 APJ BJB</li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
S-2 APJ BJB + S-3 APJ BJB			

#### 4.4.4.2 Penggunaan Listrik Sektor Publik APJ BJB

Gambar 4.17 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor publik APJ BJB. Total *demand* Publik APJ BJB dipengaruhi oleh 3 variabel P-1 APJ BJB, P-2 APJ BJB, dan P-3 APJ BJB.



**Gambar 4.17 Model Penggunaan Listrik Sektor Publik APJ BJJ**

Metode ekonometrik digunakan untuk mencari ekuasi dari pertumbuhan *demand* energi listrik yang direpresentasikan sebagai *growth* dalam model. Hasil dari pendekatan regresi terhadap hubungan antara pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan kebutuhan atau *demand* energi listrik dijelaskan pada Tabel 4.33.

**Tabel 4.33 Persamaan Ekonometrik Sektor Publik APJ BJJ**

Tarif	Ekuasi
P-1 APJ BJJ	$0.1175 - 2.28 * \text{Growth GDP Transportation} + 1 * \text{Growth GDP Bank} - 1.88 * \text{Growth GDP Non-Bank Financial Institutions} + 0.648 * \text{Growth GDP General Government}$
P-2 APJ BJJ	$0.086 + (3.33 * \text{Growth GDP Transportation}) - (3.81 * \text{Growth GDP Bank}) - (0.109 * \text{Growth GDP General Government})$
P-3 APJ BJJ	$1.081e-009 + (0.00667 * \text{Growth GDP General Government})$

Tabel 4.33 menunjukkan bahwa tarif P-1 dipengaruhi oleh PDRB angkutan, bank, lembaga keuangan bukan bank, dan

pemerintahan umum, untuk P-2 dipengaruhi oleh PDRB angkutan, bank, dan pemerintahan umum, sedangkan untuk P-3 dipengaruhi oleh PDRB pemerintahan umum.

Variabel pertumbuhan tarif yang direpresentasikan *growth* pada model untuk tarif P-1, P-2 dan P-3 yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDRB sosial dan publik dijelaskan pada Tabel 4.34.

**Tabel 4.34 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Publik APJ BJJ**

<b>Nama</b>	<i>Growth</i> P-1, P-2 dan P-3 APJ BJJ	<b>Satuan</b>	1/Month
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Growth</i> GDP Transportation</li> <li>• <i>Growth</i> GDP General Government</li> <li>• <i>Growth</i> GDP Bank</li> <li>• <i>Growth</i> GDP Non-Bank</li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
Persamaan Ekenometri Tabel 4.33			

Variabel jumlah *demand* tarif yang direpresentasikan menjadi *level* pada Gambar 4.17 mempunyai nilai awal sesuai data PLN untuk tiap tarif pada setiap APJ atau total Jawa Timur pada Januari 2012. Pada model variabel jumlah *demand* tarif P-1 dijelaskan pada Tabel 4.35.

**Tabel 4.35 Level Tarif P-1 APJ BJJ**

<b>Nama</b>	P-1 APJ BJJ	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in</i> P-1 APJ BJJ
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif P-1			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in</i> P-1 APJ BJJ			



Sedangkan pada model variabel jumlah *demand* tarif P-2 dijelaskan pada Tabel 4.36.

**Tabel 4.36 Level Tarif P-2 APJ BJJ**

<b>Nama</b>	P-2 APJ BJJ	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in P-2 APJ BJJ</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif P-2			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in P-2 APJ BJJ</i>			

Sedangkan pada model variabel jumlah *demand* tarif P-3 dijelaskan pada Tabel 4.37.

**Tabel 4.37 Level Tarif P-3 APJ BJJ**

<b>Nama</b>	P-3 APJ BJJ	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in P-3 APJ BJJ</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif P-3			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in P-3 APJ BJJ</i>			

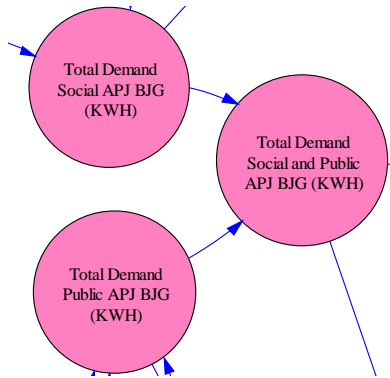
Tabel 4.38 merupakan tabel akumulasi dari variabel P-1, P-2, dan P-3 APJ BJJ.

**Tabel 4.38 Auxiliary Total Demand Publik APJ BJJ**

<b>Nama</b>	Total <i>Demand</i> Publik Sosial APJ BJJ	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• P-1 APJ BJJ</li> <li>• P-2 APJ BJJ</li> <li>• P-3 APJ BJJ</li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
P-1 APJ BJJ + P-2 APJ BJJ + P-3 APJ BJJ			

#### 4.4.4.3 Penggunaan Listrik Sosial dan Publik APJ BJB

Gambar 4.18 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor publik dan sosial APJ BJB. Total *demand* sosial dan publik APJ BJB dipengaruhi oleh 2 variabel yaitu total *demand* sosial APJ BJB dan total *demand* publik APJ BJB.



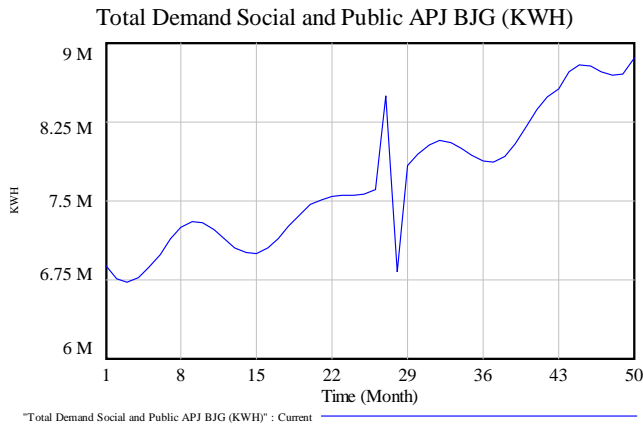
**Gambar 4.18 Total Demand Sosial dan Publik APJ BJB**

Tabel 4.39 menjelaskan bahwa total *demand* sosial dan publik APJ BJB merupakan akumulasi dari total *demand* sosial serta publik di area pelayanan jaringan di Bojonegoro.

**Tabel 4.39 Auxiliary Total Demand Sosial dan Publik APJ BJB**

Nama	Total Demand Sosial and Publik APJ BJB	Satuan	kWh
Tipe	Auxiliary	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Total Demand Sosial APJ BJB</li> <li>Total Demand Publik APJ BJB</li> </ul>
Ekuasi			
Total Demand Sosial APJ BJB + Total Demand Publik APJ BJB			

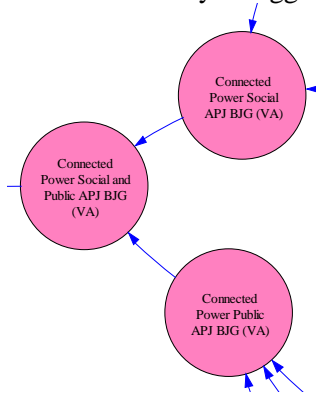
Berikut grafik hasil *base model* APJ BJJ yang ditunjukkan pada Gambar 4.19.



**Gambar 4.19 Grafik Base Model Total Demand Sosial and Publik APJ BJJ**

**4.4.4.4 Daya Langgan Sosial dan Publik APJ BJJ**

Gambar 4.20 merupakan *base model* dari daya langgan listrik sektor publik dan sosial APJ BJJ. Total *demand* sosial dan publik APJ BJJ dipengaruhi oleh 2 variabel yaitu total daya langgan sosial APJ BJJ dan total daya langgan publik APJ BJJ.



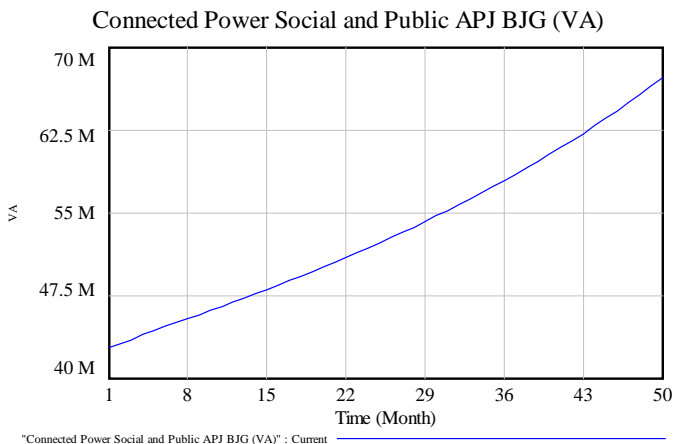
**Gambar 4.20 Daya Langgan Sosial dan Publik APJ BJJ**

Tabel 4.40 menjelaskan bahwa total daya langgan sosial dan publik APJ BJB merupakan akumulasi dari total daya langgan sosial serta publik di area pelayanan jaringan di Bojonegoro.

**Tabel 4.40 Auxiliary Daya Langgan Sosial dan Publik APJ BJB**

<b>Nama</b>	<i>Connected Power Sosial and Publik APJ BJB</i>	<b>Satuan</b>	VA
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Connected Power Sosial APJ BJB</i></li> <li>• <i>Connected Power Publik APJ BJB</i></li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
<i>Connected Power Sosial APJ BJB + Connected Power Publik Sosial APJ BJB</i>			

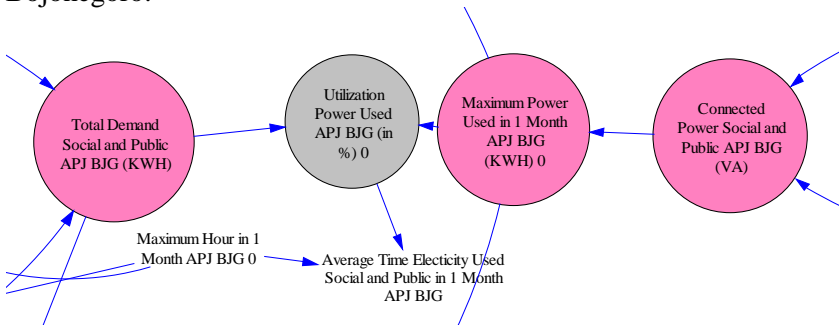
Berikut grafik hasil *base model* daya langgan APJ BJB yang ditunjukkan pada Gambar 4.21.



**Gambar 4.21 Grafik Base Model Daya Langgan Sosial dan Publik APJ BJB**

#### 4.4.4.5 Persentase Penggunaan Listrik dari Maximal Pemakaian APJ BJB

Penggunaan listrik tidak semua pada batas maksimal penggunaan daya listrik. Dari maksimal penggunaan listrik di suatu APJ hanya beberapa persen daya listrik yang digunakan dari maksimal *power* tersebut. Penggunaan daya tersebut dinamakan utilisasi. Gambar 4.22 merupakan *base model* dari utilisasi APJ Bojonegoro.



**Gambar 4.22 Model Persentase Penggunaan Daya Listrik APJ BJB**

Tabel 4.41 menggunakan fungsi dari utilisasi tersebut, yaitu:

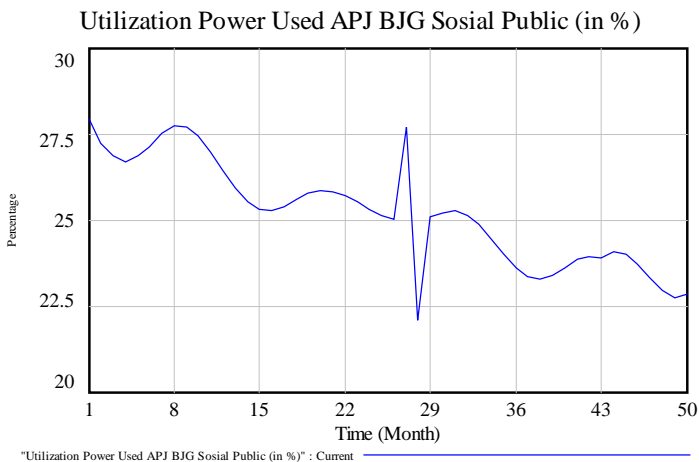
$$Utilization = \frac{Demand\ Listrik\ APJ}{Penggunaan\ Daya\ Maksimal\ per\ Bulan} \times 100\% \quad (4.7)$$

Persamaan 4.7 digunakan pada *auxiliary* utilisasi penggunaan daya listrik yang dijelaskan pada Tabel 4.41

**Tabel 4.41 Auxiliary Utilisasi Penggunaan Daya Listrik APJ BJB**

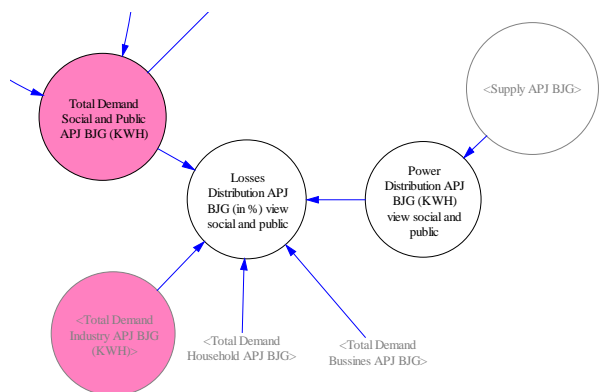
Nama	Utilisasi penggunaan daya listrik APJ BJB	Satuan	Persen
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan daya maksimal</li> <li>• <i>Demand</i> energi listrik terpakai</li> </ul>
Ekuasi			
$Demand \text{ energi listrik terpakai} / \text{Penggunaan daya maksimal} \times 100\%$			

Gambar 4.23 merupakan hasil grafik dari persentase pemakaian maksimal daya listrik pada APJ Bojonegoro.

**Gambar 4.23 Grafik Pemakaian Listrik APJ BJB**

#### 4.4.4.6 Persentase Kekurangan Daya Listrik APJ BJB

*Supply* listrik ke suatu APJ suatu saat akan mengalami kekurangan pasokan karena besarnya permintaan listrik yang terus meningkat. Kekurangan tersebut terjadi apabila *demand* lebih besar dari *supply* maksimal ke APJ tersebut. Gambar 4.24 merupakan *base model* persentase kekurangan listrik di APJ BJB.



Gambar 4.24 Kekurangan Daya Listrik APJ BJB

Apabila permintaan listrik lebih besar dari distribusi maksimal maka *auxiliary* kekurangan daya listrik menggunakan Persamaan 4.8.

$$Minus = \frac{Demand\ seluruh\ sektor - Distribusi\ Max}{Distribusi\ Max} \times 100\% \quad (4.8)$$

Persamaan 4.8 dimasukkan ke dalam *auxiliary* kekurangan daya listrik. Untuk detailnya ditunjukkan oleh Tabel 4.42.

Tabel 4.42 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik APJ BJB

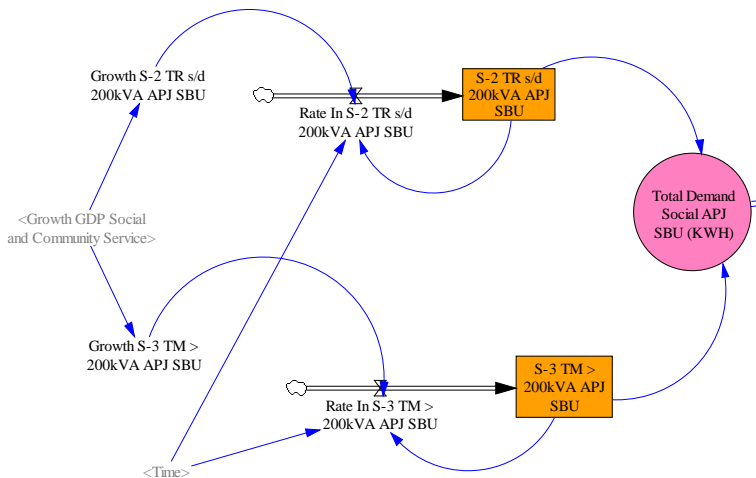
Nama	Kekurangan daya listrik APJ BJB	Satuan	Persen
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"><li>• Demand di seluruh sektor</li><li>• Distribusi Energi Listrik Maksimal</li></ul>
Ekuasi			
IF(demand>distribusi maksimal((Demand seluruh sektor - distribusi energi listrik maksimal) / distribusi energi listrik maksimal x 100%)			

#### 4.4.5 Demand APJ Surabaya Utara

Pada subbab ini akan dibuat *base model* untuk area Surabaya Utara. Adapun penjelasannya untuk setiap bagian akan dijelaskan di subbab berikutnya.

##### 4.4.5.1 Penggunaan Listrik sektor Sosial APJ SBU

Gambar 4.25 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor sosial APJ SBU. Total *demand* sosial APJ SBU dipengaruhi oleh 2 variabel S-2 APJ SBU dan S-3 APJ SBU. S-1 APJ SBU tidak masuk ke *base model* dikarenakan data pada tarif tersebut kosong atau tidak ada pelanggan yang berlangganan pada tarif tersebut.



**Gambar 4.25 Model Penggunaan Listrik Sektor Sosial APJ SBU**

Metode ekonometrik digunakan untuk mencari ekuasi dari pertumbuhan *demand* energi listrik yang direpresentasikan sebagai *growth* dalam model. Hasil dari pendekatan regresi terhadap hubungan antara pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan kebutuhan atau *demand* energi listrik dijelaskan pada Tabel 4.43.



**Tabel 4.43 Persamaan Ekonometrik Sektor Sosial APJ SBU**

<b>Tarif</b>	<b>Ekuasi</b>
S-2 APJ SBU	$0.000313 + (0.327 * \text{Growth GDP Sosial and Community Service})$
S-3 APJ SBU	$0.0676 + (0.633 * \text{Growth GDP Sosial and Community Service})$

Tabel 4.43 menunjukkan bahwa tarif S-2 dan S-3 dipengaruhi oleh PDRB jasa sosial dan kemasyarakatan.

Variabel pertumbuhan tarif yang direpresentasikan *growth* pada model untuk tarif S-2 dan S-3 yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDRB sosial dan publik dijelaskan pada Tabel 4.44.

**Tabel 4.44 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Sosial APJ SBU**

<b>Nama</b>	<i>Growth S-2 dan S-3 APJ SBU</i>	<b>Satuan</b>	<i>1/Month</i>
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<i>Growth GDP Sosial and Community Service</i>
<b>Ekuasi</b>			
Persamaan Ekonometrik Tabel 4.43			

Variabel jumlah *demand* tarif yang direpresentasikan menjadi *level* pada Gambar 4.25 mempunyai nilai awal sesuai data PLN untuk tiap tarif pada setiap APJ atau total Jawa Timur pada Januari 2012. Pada model variabel jumlah *demand* tarif S-2 dijelaskan pada Tabel 4.45.

**Tabel 4.45 Level Tarif S-2 APJ SBU**

<b>Nama</b>	S-2 APJ SBU	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in S-2 APJ SBU</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif S-2			
<b>Ekuasi</b>			

<i>Rate in S-2 APJ SBU</i>
----------------------------

Sedangkan pada model variabel jumlah *demand* tarif S-3 dijelaskan pada Tabel 4.46.

**Tabel 4.46 Level Tarif S-3 APJ SBU**

<b>Nama</b>	S-3 APJ SBU	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in S-3 APJ SBU</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif S-3			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in S-3 APJ SBU</i>			

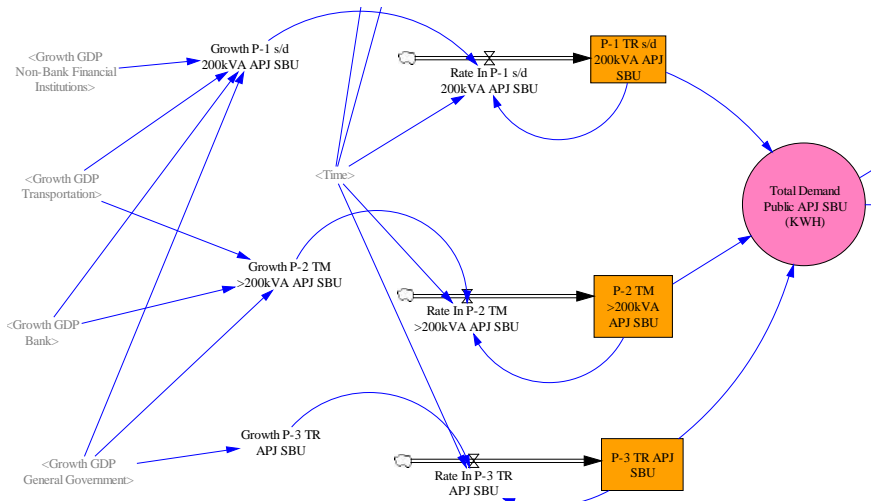
Tabel 4.47 merupakan tabel akumulasi dari variabel S-2 APJ SBU dan S-3 APJ SBU.

**Tabel 4.47 Auxiliary Total Demand Sosial APJ SBU**

<b>Nama</b>	Total <i>Demand</i> Sosial APJ SBU	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S-2 APJ SBU</li> <li>• S-3 APJ SBU</li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
S-2 APJ SBU + S-3 APJ SBU			

#### 4.4.5.2 Penggunaan Listrik Sektor Publik APJ SBU

Gambar 4.26 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor publik APJ SBU. Total *demand* publik APJ SBU dipengaruhi oleh 3 variabel P-1 APJ SBU, P-2 APJ SBU, dan P-3 APJ SBU.



**Gambar 4.26 Model Penggunaan Listrik Sektor Publik APJ SBU**

Metode ekonometrik digunakan untuk mencari ekuasi dari pertumbuhan *demand* energi listrik yang direpresentasikan sebagai *growth* dalam model. Hasil dari pendekatan regresi terhadap hubungan antara pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan kebutuhan atau *demand* energi listrik dijelaskan pada Tabel 4.48.

**Tabel 4.48 Persamaan Ekonometrik Sektor Publik APJ SBU**

Tarif	Ekuasi
P-1 APJ SBU	$0.093 + (7.18 * \text{Growth GDP Transportation}) - (4.62 * \text{Growth GDP Bank}) - (1.94 * \text{Growth GDP Non-Bank Financial Institutions}) - (0.293 * \text{Growth GDP General Government})$
P-2 APJ SBU	$0.0833 - (6.94 * \text{Growth GDP Transportation}) + (3.48 * \text{Growth GDP Bank}) + (1.378 * \text{Growth GDP General Government})$
P-3 APJ SBU	$1.081e-009 + (0.00667 * \text{Growth GDP General Government})$

Tabel 4.48 menunjukkan bahwa tarif P-1 dipengaruhi oleh PDRB angkutan, bank, lembaga keuangan bukan bank, dan pemerintahan umum, untuk P-2 dipengaruhi oleh PDRB angkutan, bank, dan pemerintahan umum, sedangkan untuk P-3 dipengaruhi oleh PDRB pemerintahan umum. Variabel pertumbuhan tarif yang direpresentasikan *growth* pada model untuk tarif P-1, P-2 dan P-3 yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDRB sosial dan publik dijelaskan pada Tabel 4.49.

**Tabel 4.49 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Publik APJ SBU**

<b>Nama</b>	<i>Growth</i> P-1, P-2, dan P-3 APJ SBU	<b>Satuan</b>	1/Month
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Growth</i> GDP Transportation</li> <li>• <i>Growth</i> GDP General Government</li> <li>• <i>Growth</i> GDP Bank</li> <li>• <i>Growth</i> GDP Non-Bank</li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
Persamaan Ekonometrik Tabel 4.4.40			

Variabel jumlah *demand* tarif yang direpresentasikan menjadi *level* pada Gambar 4.26 mempunyai nilai awal sesuai data PLN untuk tiap tarif pada setiap APJ atau total Jawa Timur pada Januari 2012. Pada model variabel jumlah *demand* tarif P-1 dijelaskan pada Tabel 4.50.

**Tabel 4.50 Level Tarif P-1 APJ SBU**

<b>Nama</b>	P-1 APJ SBU	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in</i> P-1 APJ SBU
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif P-2			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in</i> P-1 APJ SBU			

Sedangkan pada model variabel jumlah *demand* tarif P-2 dijelaskan pada Tabel 4.51.

**Tabel 4.51 Level Tarif P-2 APJ SBU**

<b>Nama</b>	P-2 APJ SBU	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in P-2 APJ SBU</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif P-2			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in P-2 APJ SBU</i>			

Sedangkan pada model variabel jumlah *demand* tarif P-3 dijelaskan pada Tabel 4.52.

**Tabel 4.52 Level Tarif P-3 APJ SBU**

<b>Nama</b>	P-3 APJ SBU	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in P-3 APJ SBU</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif P-3			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in P-3 APJ SBU</i>			

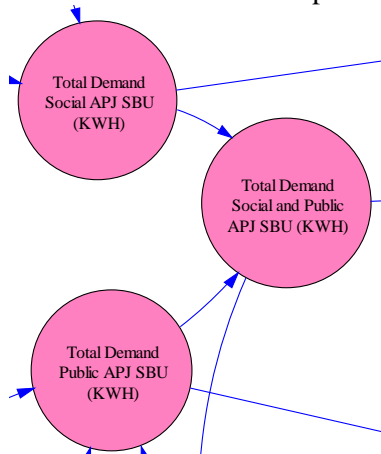
Tabel 4.53 merupakan tabel akumulasi dari variabel P-1, P-2, dan P-3 APJ SBU.

**Tabel 4.53 Auxiliary Total Demand Publik APJ SBU**

<b>Nama</b>	Total <i>Demand</i> Publik APJ SBU	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• P-1 APJ SBU</li> <li>• P-2 APJ SBU</li> <li>• P-3 APJ SBU</li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
P-1 APJ BJB + P-2 APJ BJB + P-3 APJ BJB			

#### 4.4.5.3 Penggunaan Listrik Sosial dan Publik APJ SBU

Gambar 4.27 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor publik dan sosial APJ SBU. Total *demand* sosial dan publik APJ SBU dipengaruhi oleh 2 variabel yaitu total *demand* sosial APJ SBU dan total *demand* publik APJ SBU.



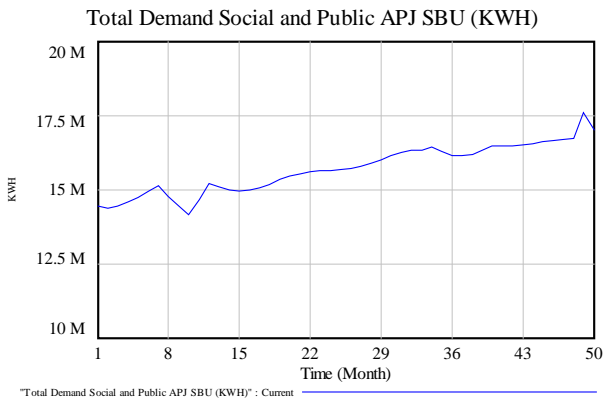
**Gambar 4.27 Total Demand Sosial dan Publik APJ SBU**

Tabel 4.54 menjelaskan bahwa total *demand* sosial dan publik APJ SBU merupakan akumulasi dari Total *demand* sosial serta publik di area pelayanan jaringan di Surabaya Utara.

**Tabel 4.54 Auxiliary Total Demand Sosial dan Publik APJ BJB**

Nama	Total Demand Sosial and Publik APJ SBU	Satuan	kWh
Tipe	Auxiliary	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Total demand sosial APJ BJB</li> <li>Total demand publik APJ BJB</li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
Total demand sosial APJ BJB + Total demand publik APJ BJB			

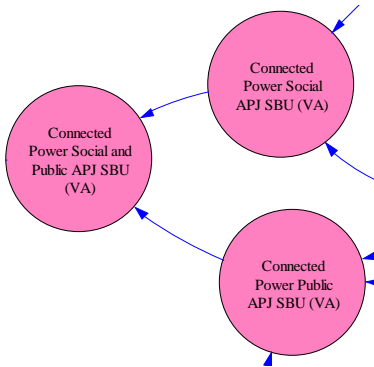
Berikut grafik hasil *base model* APJ SBU yang ditunjukkan pada Gambar 4.28.



**Gambar 4.28 Grafik Base Model Total Demand Sosial and Publik APJ SBU**

**4.4.5.4 Daya Langgan Sosial dan Publik APJ SBU**

Gambar 4.29 merupakan *base model* dari daya langgan listrik sektor publik dan sosial APJ SBU. Total *demand* sosial dan publik APJ SBU dipengaruhi oleh 2 variabel yaitu total daya langgan sosial APJ SBU dan total daya langgan publik APJ SBU.



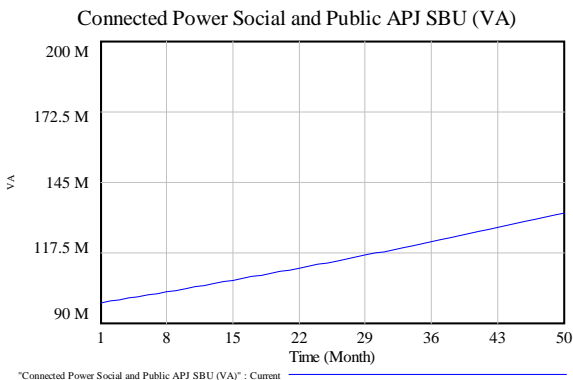
**Gambar 4.29 Daya Langgan Sosial dan Publik APJ SBU**

Tabel 4.55 menjelaskan bahwa total daya langgan sosial dan publik APJ SBU merupakan akumulasi dari total daya langgan sosial serta publik di area pelayanan jaringan di Surabaya Utara.

**Tabel 4.55 Auxiliary Daya Langgan Sosial dan Publik APJ SBU**

<b>Nama</b>	<i>Connected Power Sosial and Publik APJ SBU</i>	<b>Satuan</b>	VA
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Connected Power Sosial APJ SBU</i></li> <li>• <i>Connected Power Publik APJ SBU</i></li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
<i>Connected Power Sosial APJ SBU + Connected Power Publik APJ SBU</i>			

Berikut grafik hasil *base model* daya langgan APJ SBU yang ditunjukkan pada Gambar 4.30.

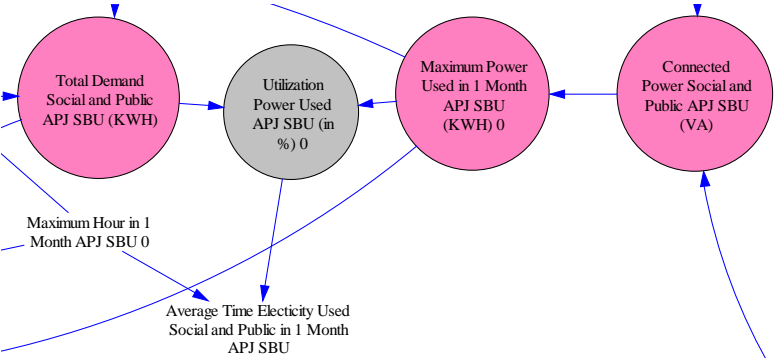


**Gambar 4.30 Grafik Base Model Daya Langgan Sosial and Publik APJ SBU**



4.4.5.5 Persentase Penggunaan Listrik dari Maximal Pemakaian APJ SBU

Penggunaan listrik tidak semua pada batas maksimal penggunaan daya listrik. Dari maksimal penggunaan listrik di suatu APJ hanya beberapa persen daya listrik yang digunakan dari maksimal *power* tersebut. Penggunaan daya tersebut dinamakan utilisasi. Gambar 4.31 merupakan *base model* dari utilisasi APJ Surabaya Utara.



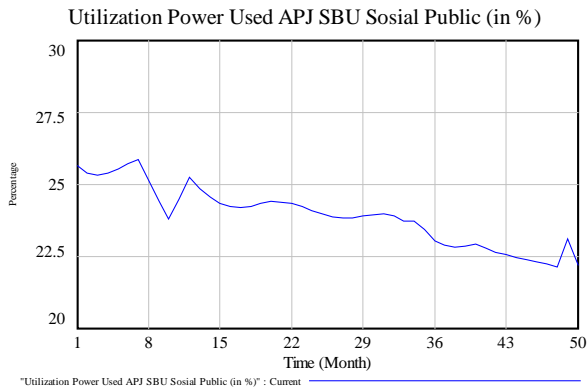
Gambar 4.31 Model Persentase Penggunaan Daya Listrik APJ SBU

Persamaan 4.7 digunakan pada *auxiliary* utilisasi penggunaan daya listrik yang dijelaskan pada Tabel 4.56.

Tabel 4.56 Auxiliary utilisasi penggunaan daya listrik APJ SBU

Nama	Utilisasi penggunaan daya listrik APJ SBU	Satuan	Persen
Tipe	Auxiliary	Variabel	<ul style="list-style-type: none"><li>• Penggunaan daya maksimal</li><li>• Demand energi listrik terpakai</li></ul>
Ekuasi			
Demand energi listrik terpakai / Penggunaan daya maksimal x 100%			

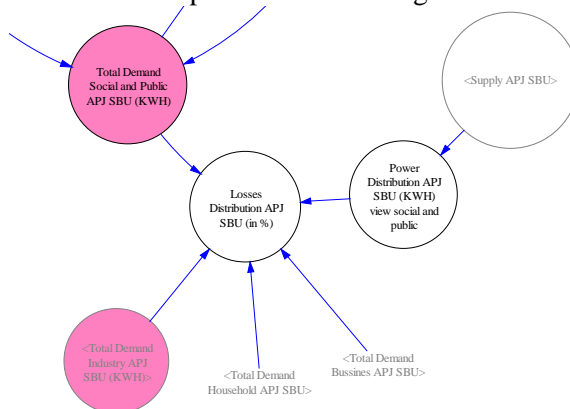
Gambar 4.32 merupakan hasil grafik dari persentase pemakaian maksimal daya listrik pada APJ Surabaya Utara.



**Gambar 4.32 Grafik Pemakaian Listrik APJ SBU**

#### 4.4.5.6 Persentase Kekurangan Daya Listrik APJ SBU

*Supply* listrik ke suatu APJ suatu saat akan mengalami kekurangan pasokan karena besarnya permintaan listrik yang terus meningkat. Kekurangan tersebut terjadi apabila *demand* lebih besar dari *supply* maksimal ke APJ tersebut. Gambar 4.33 merupakan *base model* persentase kekurangan listrik di APJ SBU.



**Gambar 4.33 Kekurangan Daya Listrik APJ SBU**

Apabila permintaan listrik lebih besar dari distribusi maksimal maka *auxiliary* kekurangan daya listrik menggunakan Persamaan 4.8. Persamaan 4.8 dimasukkan ke dalam *auxiliary* kekurangan daya listrik. Untuk detailnya ditunjukkan oleh Tabel 4.57.

**Tabel 4.57 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik APJ SBU**

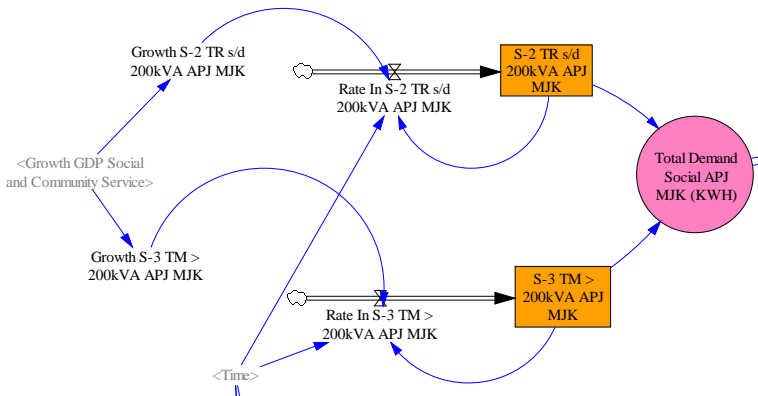
Nama	Kekurangan daya listrik APJ SBU	Satuan	Persen
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Demand</i> di seluruh sektor</li><li>• Distribusi Energi Listrik Maksimal</li></ul>
Ekuasi			
$IF(demand > \text{distribusi maksimal}) ((Demand \text{ seluruh sektor} - \text{distribusi energi listrik maksimal}) / \text{distribusi energi listrik maksimal} \times 100\%)$			

**4.4.6 Demand APJ Mojokerto**

Pada subbab ini akan dibuat *base model* untuk area Mojokerto. Adapun penjelasannya untuk setiap bagian akan dijelaskan di subbab berikutnya.

**4.4.6.1 Penggunaan Listrik sektor Sosial APJ MJK**

Gambar 4.34 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor sosial APJ MJK. Total *demand* sosial APJ MJK dipengaruhi oleh 2 variabel S-2 APJ MJK dan S-3 APJ MJK. S-1 APJ MJK tidak masuk ke *base model* dikarenakan data pada tarif tersebut kosong atau tidak ada pelanggan yang berlangganan pada tarif tersebut.



**Gambar 4.34 Model Penggunaan Listrik Sektor Sosial APJ MJK**

Metode ekonometrik digunakan untuk mencari ekuasi dari pertumbuhan *demand* energi listrik yang direpresentasikan sebagai *growth* dalam model. Hasil dari pendekatan regresi terhadap hubungan antara pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan kebutuhan atau *demand* energi listrik dijelaskan pada Tabel 4.58.

**Tabel 4.58 Persamaan Ekonometrik Sektor Sosial APJ MJK**

Tarif	Ekuasi
S-2 APJ MJK	$0.00156 + (0.0916 * \text{Growth GDP Sosial and Community Service})$
S-3 APJ MJK	$0.00676 + (0.0633 * \text{Growth GDP Sosial and Community Service})$

Tabel 4.58 menunjukkan bahwa tarif S-2 dan S-3 dipengaruhi oleh PDRB jasa sosial dan kemasyarakatan. Variabel pertumbuhan tarif yang direpresentasikan *growth* pada model untuk tarif S-2 dan S-3 yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDRB sosial dan publik dijelaskan pada Tabel 4.59.

**Tabel 4.59 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Sosial APJ MJK**

<b>Nama</b>	<i>Growth S-2 dan S-3 APJ MJK</i>	<b>Satuan</b>	<i>1/Month</i>
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<i>Growth GDP Sosial and Community Service</i>
<b>Ekuasi</b>			
Persamaan Ekonometrik Tabel 4.58			

Variabel jumlah *demand* tarif yang direpresentasikan menjadi *level* pada Gambar 4.31 mempunyai nilai awal sesuai data PLN untuk tiap tarif pada setiap APJ atau total Jawa Timur pada Januari 2012. Pada model variabel jumlah *demand* tarif S-2 dijelaskan pada Tabel 4.60.

**Tabel 4.60 Level Tarif S-2 APJ MJK**

<b>Nama</b>	S-2 APJ MJK	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in S-2 APJ MJK</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif S-2			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in S-2 APJ MJK</i>			

Sedangkan pada model variabel jumlah *demand* tarif S-3 dijelaskan pada Tabel 4.61.

**Tabel 4.61 Level Tarif S-3 APJ MJK**

<b>Nama</b>	S-3 APJ MJK	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in S-3 APJ MJK</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif S-3			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in S-3 APJ MJK</i>			

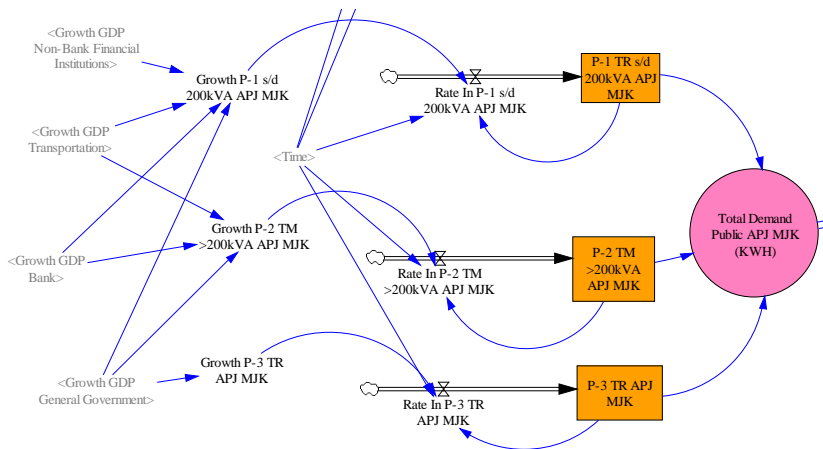
Tabel 4.62 merupakan tabel akumulasi dari variabel S-2 APJ SBU dan S-3 APJ MJK.

**Tabel 4.62 Auxiliary Total Demand Sosial APJ MJK**

Nama	Total Demand Sosial APJ MJK	Satuan	kWh
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S-2 APJ MJK</li> <li>• S-3 APJ MJK</li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
S-2 APJ MJK + S-3 APJ MJK			

#### 4.4.6.2 Penggunaan Listrik Sektor Publik APJ MJK

Gambar 4.35 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor publik APJ MJK. Total demand publik APJ MJK dipengaruhi oleh 3 variabel P-1 APJ MJK, P-2 APJ MJK, dan P-3 APJ MJK.



**Gambar 4.35 Model Penggunaan Listrik Sektor Publik APJ MJK**

Metode ekonometrik digunakan untuk mencari ekuasi dari pertumbuhan *demand* energi listrik yang direpresentasikan sebagai *growth* dalam model. Hasil dari pendekatan regresi terhadap hubungan antara pertumbuhan PDRB terhadap

pertumbuhan kebutuhan atau *demand* energi listrik dijelaskan pada Tabel 4.63.

**Tabel 4.63 Persamaan Ekonometrik Sektor Publik APJ MJK**

<b>Tarif</b>	<b>Ekuasi</b>
P-1 APJ MJK	$0.093 + (7.18 * \text{Growth GDP Transportation}) - (4.62 * \text{Growth GDP Bank}) - (1.94 * \text{Growth GDP Non-Bank Financial Institutions}) - (0.293 * \text{Growth GDP General Government})$
P-2 APJ MJK	$0.0833 - (6.94 * \text{Growth GDP Transportation}) + (3.48 * \text{Growth GDP Bank}) + (1.378 * \text{Growth GDP General Government})$
P-3 APJ MJK	$2.14e-007 + (0.0206 * \text{Growth GDP General Government})$

Tabel 4.63 menunjukkan bahwa tarif P-1 dipengaruhi oleh PDRB angkutan, bank, lembaga keuangan bukan bank, dan pemerintahan umum, untuk P-2 dipengaruhi oleh PDRB angkutan, bank, dan pemerintahan umum, sedangkan untuk P-3 dipengaruhi oleh PDRB Pemerintahan Umum.

Variabel pertumbuhan tarif yang direpresentasikan *growth* pada model untuk tarif P-1, P-2 dan P-3 yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDRB sosial dan publik dijelaskan pada Tabel 4.64.

**Tabel 4.64 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Publik APJ SBU**

<b>Nama</b>	<i>Growth P-1, P-2 dan P-3 APJ MJK</i>	<b>Satuan</b>	<i>1/Month</i>
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Growth GDP Transportation</i></li> <li>• <i>Growth GDP General Government</i></li> <li>• <i>Growth GDP Bank</i></li> <li>• <i>Growth GDP Non-Bank</i></li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
Persamaan Ekonometrik Tabel 4.63			

Variabel jumlah *demand* tarif yang direpresentasikan menjadi *level* pada Gambar 4.32 mempunyai nilai awal sesuai data PLN untuk tiap tarif pada setiap APJ atau total Jawa Timur pada Januari 2012. Pada model variabel jumlah *demand* tarif P-1 dijelaskan pada Tabel 4.65.

**Tabel 4.65 Level Tarif P-1 APJ MJK**

<b>Nama</b>	P-1 APJ MJK	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in P-1 APJ MJK</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif P-1			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in S-2 APJ MJK</i>			

Sedangkan pada model variabel jumlah *demand* tarif P-2 dijelaskan pada Tabel 4.66.

**Tabel 4.66 Level Tarif P-2 APJ MJK**

<b>Nama</b>	P-2 APJ MJK	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in P-2 APJ MJK</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif P-2			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in P-2 APJ MJK</i>			

Sedangkan pada model variabel jumlah *demand* tarif P-3 dijelaskan pada Tabel 4.67.

**Tabel 4.67 Level Tarif P-3 APJ MJK**

<b>Nama</b>	P-3 APJ MJK	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in P-3 APJ MJK</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif P-3			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in P-3 APJ MJK</i>			



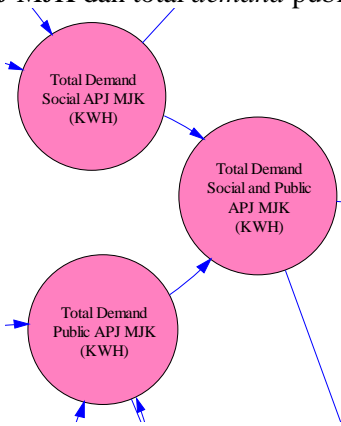
Tabel 4.68 merupakan tabel akumulasi dari variabel P-1, P-2, dan P-3 APJ MJK.

**Tabel 4.68 Auxiliary Total Demand Publik APJ MJK**

<b>Nama</b>	Total Demand Publik APJ MJK	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	Auxiliary	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• P-1 APJ MJK</li><li>• P-2 APJ MJK</li><li>• P-3 APJ MJK</li></ul>
<b>Ekuasi</b>			
P-1 APJ MJK + P-2 APJ MJK + P-3 APJ MJK			

**4.4.6.3 Penggunaan Listrik Sosial dan Publik APJ MJK**

Gambar 4.36 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor publik dan sosial APJ MJK. Total *demand* sosial dan publik APJ MJK dipengaruhi oleh 2 variabel yaitu total *demand* sosial APJ MJK dan total *demand* publik APJ MJK.



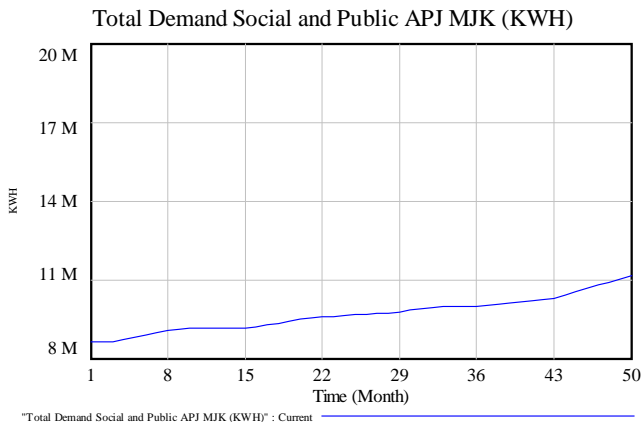
**Gambar 4.36 Total Demand Sosial dan Publik APJ MJK**

Tabel 4.69 menjelaskan bahwa total *demand* sosial dan publik APJ MJK merupakan akumulasi dari total *demand* sosial serta publik di area pelayanan jaringan di Mojokerto.

**Tabel 4.69 Auxiliary Total Demand Sosial dan Publik APJ MJK**

Nama	Total <i>demand</i> sosial and Publik APJ MJK	Satuan	kWh
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Total <i>demand</i> sosial APJ MJK</li> <li>• Total <i>demand</i> publik APJ MJK</li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
Total <i>demand</i> sosial APJ MJK + Total <i>demand</i> publik APJ MJK			

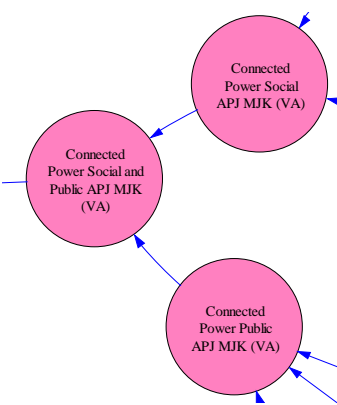
Berikut grafik hasil *base model* APJ SBU yang ditunjukkan pada Gambar 4.37.



**Gambar 4.37 Grafik Base Model Total Demand Sosial dan Publik APJ MJK**

#### 4.4.6.4 Daya Langgan Sosial dan Publik APJ MJK

Gambar 4.38 merupakan *base model* dari daya langgan listrik sektor publik dan sosial APJ MJK. Total *demand* sosial dan publik APJ MJK dipengaruhi oleh 2 variabel yaitu total daya langgan sosial APJ MJK dan total daya langgan publik APJ MJK.



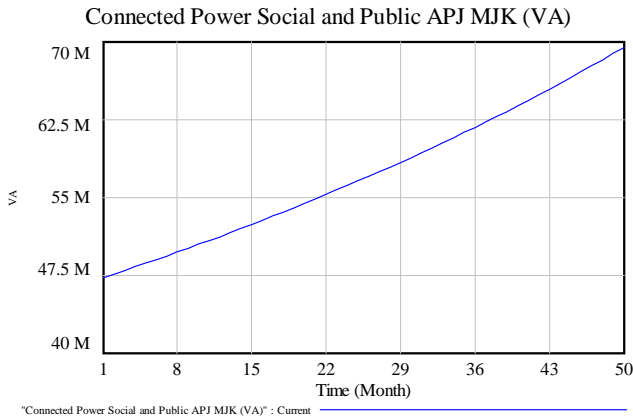
Gambar 4.38 Daya Langgan Sosial dan Publik APJ MJK

Tabel 4.70 menjelaskan bahwa total daya langgan sosial dan publik APJ MJK merupakan akumulasi dari total daya langgan sosial serta publik di area pelayanan jaringan di Mojokerto.

Tabel 4.70 Auxiliary Daya Langgan Sosial dan Publik APJ MJK

Nama	Connected Power Sosial and Publik APJ MJK	Satuan	VA
Tipe	Auxiliary	Variabel	<ul style="list-style-type: none"><li>Connected Power Sosial APJ MJK</li><li>Connected Power Publik APJ MJK</li></ul>
Ekuasi			
Connected Power Sosial APJ MJK+Connected Power Publik APJ MJK			

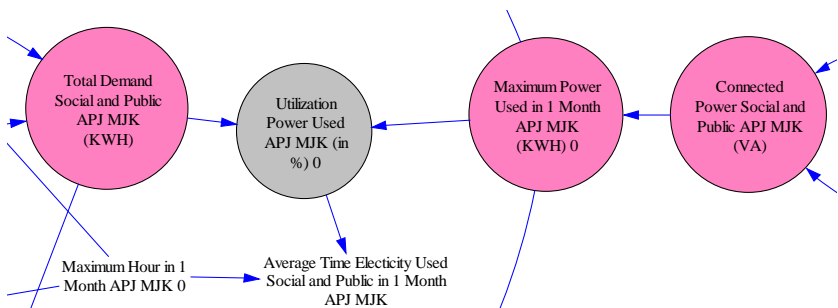
Berikut grafik hasil *base model* daya langgan APJ MJK yang ditunjukkan pada Gambar 4.39.



**Gambar 4.39 Grafik Base Model Daya Langgan Sosial dan Publik APJ MJK**

#### 4.4.6.5 Persentase Penggunaan Listrik dari Maximal Pemakaian APJ MJK

Penggunaan listrik tidak semua pada batas maksimal penggunaan daya listrik. Dari maksimal penggunaan listrik di suatu APJ hanya beberapa persen daya listrik yang digunakan dari maksimal *power* tersebut. Penggunaan daya tersebut dinamakan utilisasi. Gambar 4.40 merupakan *base model* dari utilisasi APJ Mojokerto.



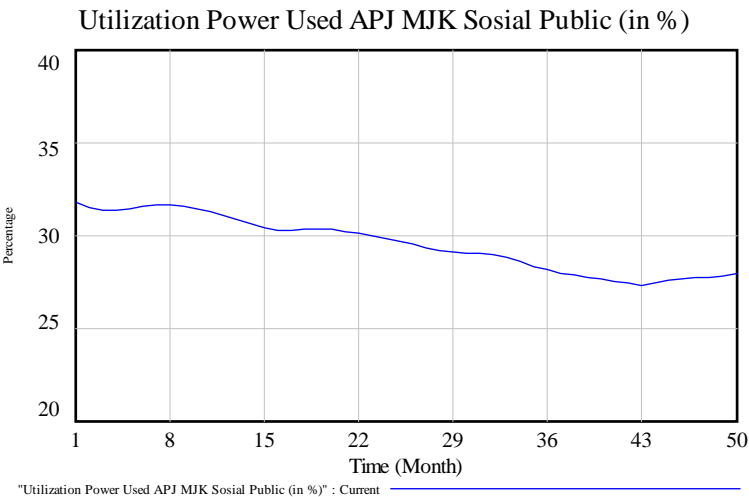
**Gambar 4.40 Model Persentase Penggunaan Daya Listrik APJ MJK**

Persamaan 4.7 digunakan pada *auxiliary* utilisasi penggunaan daya listrik yang dijelaskan pada Tabel 4.71.

**Tabel 4.71 Auxiliary Utilisasi Penggunaan Daya Listrik APJ SBU**

Nama	Utilisasi penggunaan daya listrik APJ SBU	Satuan	Persen
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	Penggunaan daya maksimal dan <i>Demand</i> energi listrik terpakai
Ekuasi			
<i>Demand</i> energi listrik terpakai / Penggunaan daya maksimal x 100%			

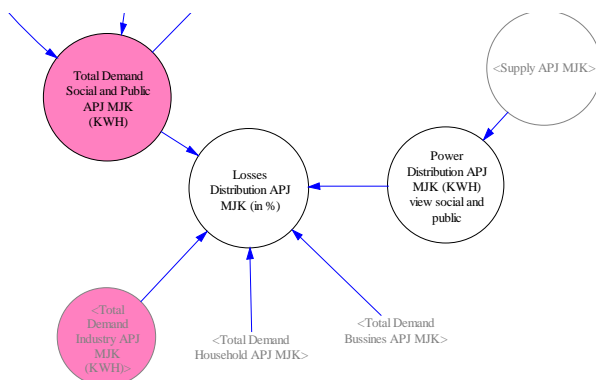
Gambar 4.41 merupakan hasil grafik dari persentase pemakaian maksimal daya listrik pada APJ Mojokerto.



**Gambar 4.41 Grafik Pemakaian Listrik APJ Mojokerto**

#### 4.4.6.6 Persentase Kekurangan Daya Listrik APJ MJK

*Supply* listrik ke suatu APJ suatu saat akan mengalami kekurangan pasokan karena besarnya permintaan listrik yang terus meningkat. Kekurangan tersebut terjadi apabila *demand* lebih besar dari *supply* maksimal ke APJ tersebut. Gambar 4.42 merupakan *base model* persentase kekurangan listrik di APJ MJK.



**Gambar 4.42 Kekurangan Daya Listrik APJ MJK**

Apabila permintaan listrik lebih besar dari distribusi maksimal maka *auxiliary* kekurangan daya listrik menggunakan Persamaan 4.8. Persamaan 4.8 dimasukkan ke dalam *auxiliary* kekurangan daya listrik. Untuk detailnya ditunjukkan oleh Tabel 4.72.

**Tabel 4.72 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik APJ MJK**

Nama	Kekurangan daya listrik APJ MJK	Satuan	Persen
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<i>Demand</i> di seluruh sektor dan Distribusi Energi Listrik Maksimal
<b>Ekuasi</b>			
IF( <i>demand</i> >distribusi maksimal)(( <i>Demand</i> seluruh sektor - distribusi			

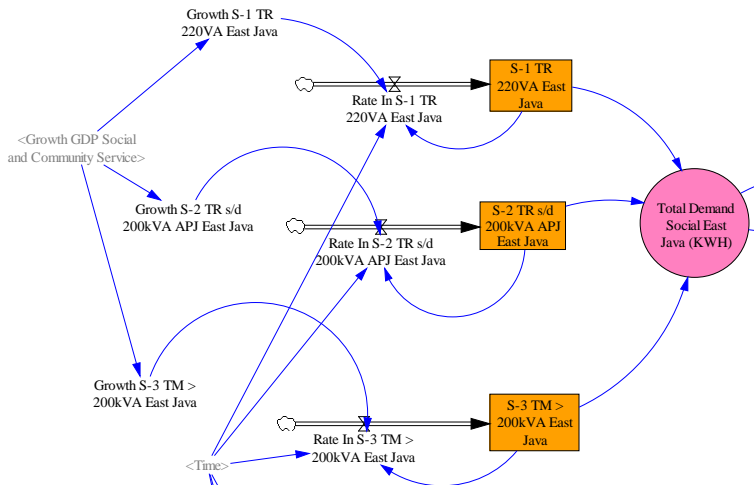
$$\text{energi listrik maksimal) / distribusi energi listrik maksimal} \times 100\%)$$

#### 4.4.7 Demand Total Jatim

Pada subbab ini akan dibuat *base model* untuk total seluruh Jawa Timur. Adapun penjelasannya untuk setiap bagian akan dijelaskan di subbab berikutnya.

##### 4.4.7.1 Penggunaan Listrik Sektor Sosial Jatim

Gambar 4.43 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor sosial Jatim. Total *demand* sosial Jatim dipengaruhi oleh 3 variabel S-1 Jatim, S-2 Jatim dan S-3 Jatim.



**Gambar 4.43 Model Penggunaan Listrik Sektor Sosial Jatim**

Metode ekonometrik digunakan untuk mencari ekuasi dari pertumbuhan *demand* energi listrik yang direpresentasikan sebagai *growth* dalam model. Hasil dari pendekatan regresi terhadap hubungan antara pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan kebutuhan atau *demand* energi listrik dijelaskan pada Tabel 4.73.

**Tabel 4.73 Persamaan Ekonometrik Sektor Sosial Jatim**

<b>Tarif</b>	<b>Ekuasi</b>
S-1 Jatim	$-0.0223-(0.1124*Growth\ GDP\ Sosial\ and\ Community\ Service)$
S-2 Jatim	$0.00156+(0.0916*Growth\ GDP\ Sosial\ and\ Community\ Service)$
S-3 Jatim	$0.0063+(0.0116*Growth\ GDP\ Sosial\ and\ Community\ Service)$

Tabel 4.73 menunjukkan bahwa tarif S-1, S-2, dan S-3 dipengaruhi oleh PDRB jasa sosial dan kemasyarakatan. Variabel pertumbuhan tarif yang direpresentasikan *growth* pada model untuk tarif S-1, S-2, dan S-3 yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDRB sosial dan publik dijelaskan pada Tabel 4.74.

**Tabel 4.74 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Sosial Jatim**

<b>Nama</b>	<i>Growth</i> S-1, S-2 dan S-3 Jatim	<b>Satuan</b>	1/Month
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<i>Growth GDP Sosial and Community Service</i>
<b>Ekuasi</b>			
Persamaan Ekonometrik Tabel 4.73			

Variabel jumlah *demand* tarif yang direpresentasikan menjadi *level* pada Gambar 4.40 mempunyai nilai awal sesuai data PLN untuk tiap tarif pada setiap APJ atau total Jawa Timur pada Januari 2012. Pada model variabel jumlah *demand* tarif S-1 dijelaskan pada Tabel 4.75.

**Tabel 4.75 Level Tarif S-1 Jatim**

<b>Nama</b>	S-1 Jatim	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in S-1 Jatim</i>
<b>Nilai Awal</b>			



Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif S-1
<b>Ekuasi</b>
<i>Rate in S-1 APJ Jatim</i>

Sedangkan pada model variabel jumlah *demand* tarif S-2 dijelaskan pada Tabel 4.76.

**Tabel 4.76 Level Tarif S-2 Jatim**

<b>Nama</b>	S-2 Jatim	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in S-2 Jatim</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif S-2			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in S-2 Jatim</i>			

Sedangkan pada model variabel jumlah *demand* tarif S-3 dijelaskan pada Tabel 4.77.

**Tabel 4.77 Level Tarif S-3 Jatim**

<b>Nama</b>	S-3 Jatim	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in S-3 Jatim</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif S-3			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in S-3 Jatim</i>			

Tabel 4.78 merupakan tabel akumulasi dari variabel S-2 Jatim dan S-3 Jatim.

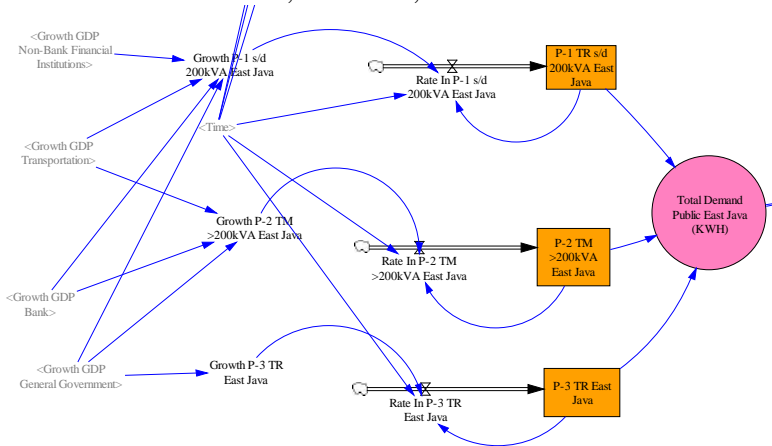
**Tabel 4.78 Auxiliary Total Demand Sosial Jatim**

<b>Nama</b>	Total <i>Demand</i> Sosial Jatim	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S-1 Jatim</li> <li>• S-2 Jatim</li> <li>• S-3 Jatim</li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			

S-1 Jatim +S-2 Jatim + S-3 Jatim

4.4.7.2 Penggunaan Listrik Sektor Publik Jatim

Gambar 4.44 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor publik Jatim. Total *demand* publik Jatim dipengaruhi oleh 3 variabel P-1 Jatim, P-2 Jatim, dan P-3 Jatim.



Gambar 4.44 Model Penggunaan Listrik Sektor Publik Jatim

Metode ekonometrik digunakan untuk mencari ekuasi dari pertumbuhan *demand* energi listrik yang direpresentasikan sebagai *growth* dalam model. Hasil dari pendekatan regresi terhadap hubungan antara pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan kebutuhan atau *demand* energi listrik dijelaskan pada Tabel 4.79.

Tabel 4.79 Persamaan Ekonometrik Sektor Publik Jatim

Tarif	Ekuasi
P-1 Jatim	$0.0846-(2.11 * Growth\ GDP Transportation)+(1.83 * Growth\ GDP\ Bank)-(2.68 * "Growth\ GDP\ Non-Bank\ Financial\ Institutions")+(0.892 * Growth\ GDP\ General\ Government)$
P-2 Jatim	$0.0688+(5.93 * Growth\ GDP\ Transportation)(4.08 *$

	$Growth\ GDP\ Bank) - (0.411 * Growth\ GDP\ General\ Government)$
P-3 Jatim	$0.00011 + (0.0192 * Growth\ GDP\ General\ Government)$

Tabel 4.78 menunjukkan bahwa tarif P-1 dipengaruhi oleh PDRB angkutan, bank, lembaga keuangan bukan bank, dan pemerintahan umum, untuk P-2 dipengaruhi oleh PDRB angkutan, bank, dan pemerintahan umum, sedangkan untuk P-3 dipengaruhi oleh PDRB pemerintahan umum.

Variabel pertumbuhan tarif yang direpresentasikan *growth* pada model untuk tarif P-1, P-2 dan P-3 yang dipengaruhi oleh pertumbuhan PDRB sosial dan publik dijelaskan pada Tabel 4.80.

**Tabel 4.80 Auxiliary Pertumbuhan Sektor Publik Jatim**

Nama	$Growth\ P-1, P-2\ dan\ P-3\ Jatim$	Satuan	1/Month
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Growth\ GDP\ Transportation</math></li> <li>• <math>Growth\ GDP\ General\ Government</math></li> <li>• <math>Growth\ GDP\ Bank</math></li> <li>• <math>Growth\ GDP\ Non-Bank</math></li> </ul>
<b>Ekuasi</b>			
Persamaan Ekonometrik Tabel 4.79			

Variabel jumlah *demand* tarif yang direpresentasikan menjadi *level* pada Gambar 4.41 mempunyai nilai awal sesuai data PLN untuk tiap tarif pada setiap APJ atau total Jawa Timur pada Januari 2012. Pada model variabel jumlah *demand* tarif P-1 dijelaskan pada Tabel 4.81

**Tabel 4.81 Level Tarif P-1 Jatim**

Nama	P-1 Jatim	Satuan	kWh
Tipe	<i>Level</i>	Variabel	<i>Rate in P-1 Jatim</i>

<b>Nilai Awal</b>
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif P-1
<b>Ekuasi</b>
<i>Rate in P-1 Jatim</i>

Sedangkan pada model variabel jumlah *demand* tarif P-2 dijelaskan pada Tabel 4.82.

**Tabel 4.82 Level Tarif P-2 Jatim**

<b>Nama</b>	P-2 Jatim	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in P-2 Jatim</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif P-2			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in P-2 Jatim</i>			

Sedangkan pada model variabel jumlah *demand* tarif P-3 dijelaskan pada Tabel 4.83.

**Tabel 4.83 Level Tarif P-3 Jatim**

<b>Nama</b>	P-3 Jatim	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Level</i>	<b>Variabel</b>	<i>Rate in P-3 Jatim</i>
<b>Nilai Awal</b>			
Nilai awal penggunaan listrik (kWh) Tarif P-3			
<b>Ekuasi</b>			
<i>Rate in P-3 Jatim</i>			

Tabel 4.84 merupakan tabel akumulasi dari variabel P-1, P-2, dan P-3 Jatim.

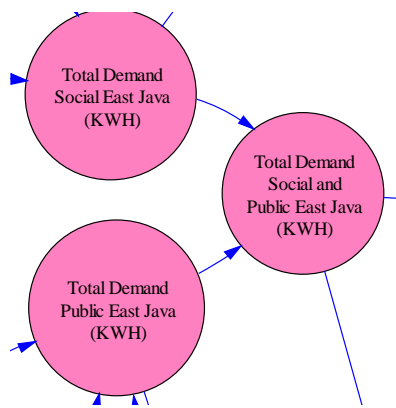
**Tabel 4.84 Auxiliary Total Demand Publik Jatim**

<b>Nama</b>	Total <i>Demand</i> Publik Jatim	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• P-1 Jatim</li> <li>• P-2 Jatim</li> <li>• P-3 Jatim</li> </ul>

<b>Ekuasi</b>
P-1 Jatim +P-2 Jatim + P-3 Jatim

4.4.7.3 Penggunaan Listrik Sosial dan Publik Jatim

Gambar 4.45 merupakan *base model* dari penggunaan listrik sektor publik dan sosial Jatim. Total *demand* sosial dan publik Jatim dipengaruhi oleh 2 variabel yaitu total *demand* sosial Jatim dan total *demand* publik Jatim.



Gambar 4.45 Total Demand Sosial dan Publik Jatim

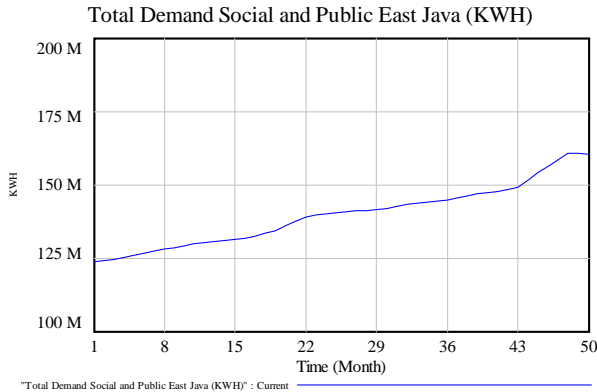
Tabel 4.85 menjelaskan bahwa total *demand* sosial dan publik Jatim merupakan akumulasi dari total *demand* sosial serta publik di area pelayanan jaringan di Jawa Timur.

Tabel 4.85 Auxiliary Total Demand Sosial dan Publik Jatim

<b>Nama</b>	Total <i>demand</i> sosial and Publik Jatim	<b>Satuan</b>	kWh
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Total <i>demand</i> sosial Jatim</li><li>• Total <i>demand</i> publik Jatim</li></ul>
<b>Ekuasi</b>			

Total *demand* sosial Jatim + Total *demand* publik Jatim

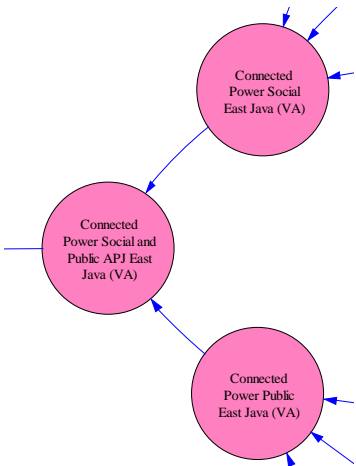
Berikut grafik hasil *base model* APJ SBU yang ditunjukkan pada Gambar 4.46.



**Gambar 4.46 Grafik Base Model Total Demand Sosial dan Publik Jatim**

#### 4.4.7.4 Daya Langgan Sosial dan Publik Jatim

Gambar 4.47 merupakan *base model* dari daya langgan listrik sektor publik dan sosial Jatim. Total *demand* sosial dan publik Jatim dipengaruhi oleh 2 variabel yaitu total daya langgan sosial Jatim dan total daya langgan publik Jatim.



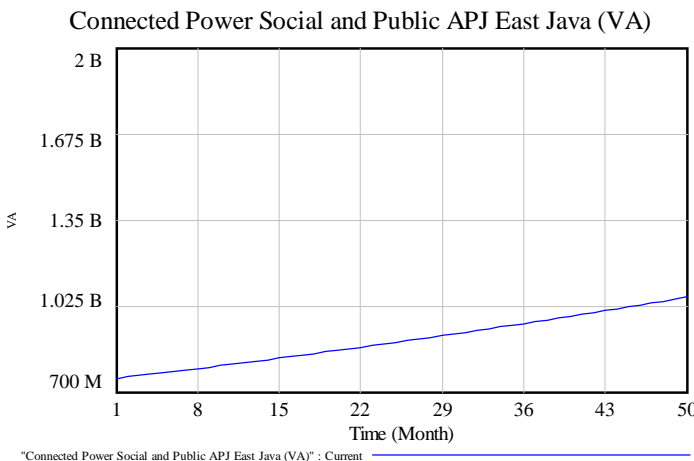
**Gambar 4.47** Daya Langgan Sosial dan Publik Jatim

Tabel 4.86 menjelaskan bahwa total daya langgan sosial dan publik Jatim merupakan akumulasi dari total daya langgan sosial serta publik di area pelayanan jaringan di Jawa Timur.

**Tabel 4.86** Auxiliary Daya Langgan Sosial dan Publik Jatim

<b>Nama</b>	<i>Connected Power Sosial and Publik Jatim</i>	<b>Satuan</b>	VA
<b>Tipe</b>	<i>Auxiliary</i>	<b>Variabel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Connected Power Sosial Jatim</i></li><li>• <i>Connected Power Publik Jatim</i></li></ul>
<b>Ekuasi</b>			
<i>Connected Power Sosial Jatim + Connected Power Publik Jatim</i>			

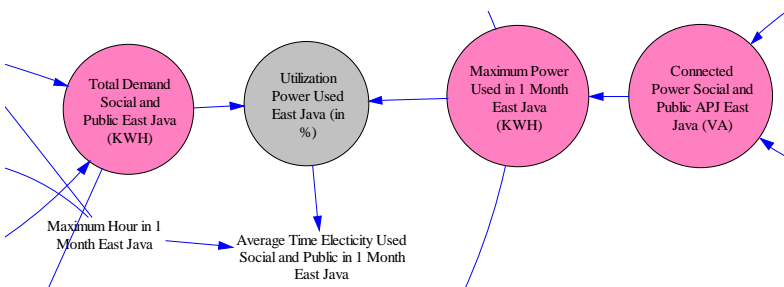
Berikut grafik hasil *base model* daya langgan Jatim yang ditunjukkan pada Gambar 4.48.



**Gambar 4.48 Grafik Base Model Daya Langgan Sosial dan Publik Jatim**

**4.4.7.5 Persentase Penggunaan Listrik dari Maximal Pemakaian Jatim**

Penggunaan listrik tidak semua pada batas maksimal penggunaan daya listrik. Dari maksimal penggunaan listrik di suatu daerah hanya beberapa persen daya listrik yang digunakan dari maksimal *power* tersebut. Penggunaan daya tersebut dinamakan utilisasi. Gambar 4.49 merupakan *base model* dari utilisasi Jawa Timur.



**Gambar 4.49 Model Persentase Penggunaan Daya Listrik Jatim**

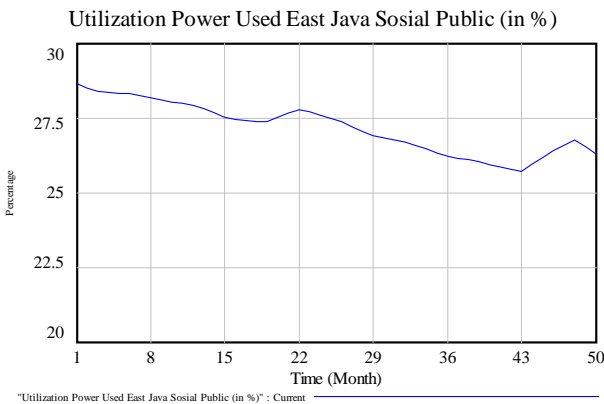


Persamaan 4.7 digunakan pada *auxiliary* utilisasi penggunaan daya listrik yang dijelaskan pada Tabel 4.87.

**Tabel 4.87 Auxiliary Utilisasi Penggunaan Daya Listrik Jatim**

Nama	Utilisasi penggunaan daya listrik Jatim	Satuan	Persen
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	Penggunaan daya maksimal dan <i>Demand</i> energi listrik terpakai
Ekuasi			
<i>Demand</i> energi listrik terpakai / Penggunaan daya maksimal x 100%			

Gambar 4.50 merupakan hasil grafik dari persentase pemakaian maksimal daya listrik pada Jawa Timur.

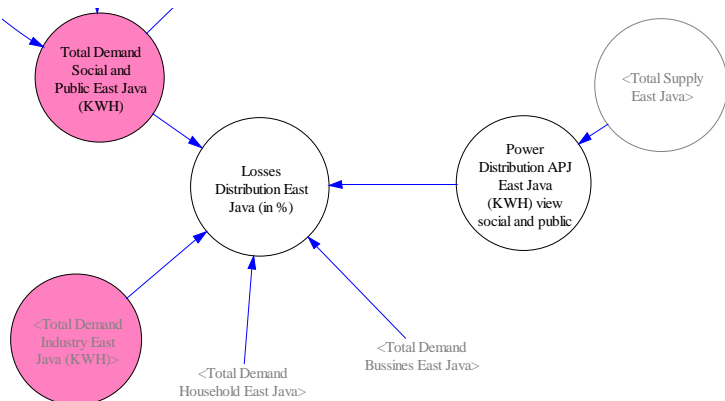


**Gambar 4.50 Grafik Pemakaian Listrik Jatim**

**4.4.7.6 Persentase Kekurangan Daya Listrik Jatim**

*Supply* listrik ke suatu daerah, suatu saat akan mengalami kekurangan pasokan karena besarnya permintaan listrik yang terus meningkat. Kekurangan tersebut terjadi apabila *demand* lebih besar dari *supply* maksimal ke daerah tersebut. Gambar 4.51

merupakan *base model* persentase kekurangan listrik di Jawa Timur.



**Gambar 4.51 Kekurangan Daya Listrik Jatim**

Apabila permintaan listrik lebih besar dari distribusi maksimal maka *auxiliary* kekurangan daya listrik menggunakan Persamaan 4.8. Persamaan 4.8 dimasukkan ke dalam *auxiliary* kekurangan daya listrik. Untuk detailnya ditunjukkan oleh Tabel 4.88.

**Tabel 4.88 Auxiliary Kekurangan Daya Listrik Jatim**

Nama	Kekurangan daya listrik Jatim	Satuan	Persen
Tipe	<i>Auxiliary</i>	Variabel	<i>Demand</i> di seluruh sektor dan Distribusi Energi Listrik Maksimal
Ekuasi			
$IF(demand > \text{distribusi maksimal}((Demand \text{ seluruh sektor} - \text{distribusi energi listrik maksimal}) / \text{distribusi energi listrik maksimal} \times 100\%))$			

#### 4.5 Validasi

Validasi merupakan proses penentuan apakah model konseptual simulasi benar-benar merupakan representasi akurat

dari sistem aktual yang dimodelkan. Validasi model pada tugas akhir ini menggunakan pengujian *mean comparison* atau *E1* dan *variance comparison* atau *E2* seperti yang terdapat pada Persamaan 4.9 dan 4.10. Nilai dari *E1* harus kurang dari sama dengan 5% dan *E2* harus kurang dari sama dengan 30% [6]. Hasil simulasi yang diuji adalah nilai dari *demand* sektor sosial dan publik mulai dari tarif S-1, S-2, S-3, P-1, P-2, P-3, sektor sosial, sektor publik, daya terpasang hingga total *demand* sektor sosial dan publik. Ada 2 cara pengujian validasi, yaitu :

1) Perbandingan Rata-Rata (*Error Mean*)

$$E1 = \frac{|\overline{S} - \overline{A}|}{\overline{A}} \quad (4.9)$$

Keterangan:  $\overline{S}$  = Nilai rata-rata hasil simulasi

$\overline{A}$  = Nilai rata-rata data

2) Perbandingan Variasi Amplitudo (*Error Variance*)

$$E2 = \frac{|S_s - S_A|}{S_A} \quad (4.10)$$

Keterangan :  $S_s$  = Standart deviasi model

$S_A$  = Standart deviasi data

*Time step* yang dipakai pada pengujian di *base model* dari nilai 1, yaitu Januari 2012 sampai 50, yaitu Februari 2016. Validasi dilakukan pada setiap tarif dan total *demand* pada setiap APJ dan total di Jawa Timur.

Total jumlah validasi *demand* sektor sosial dan publik pada model ada 36 validasi. Subbab 4.5.1 menampilkan validasi APJ Bojonegoro, subbab 4.5.2 menampilkan validasi APJ Surabaya Utara, subbab 4.5.3 menampilkan validasi APJ

Mojokerto dan subbab 4.5.4 menampilkan validasi total di Jawa Timur.

#### 4.5.1 Validasi Demand APJ Bojonegoro

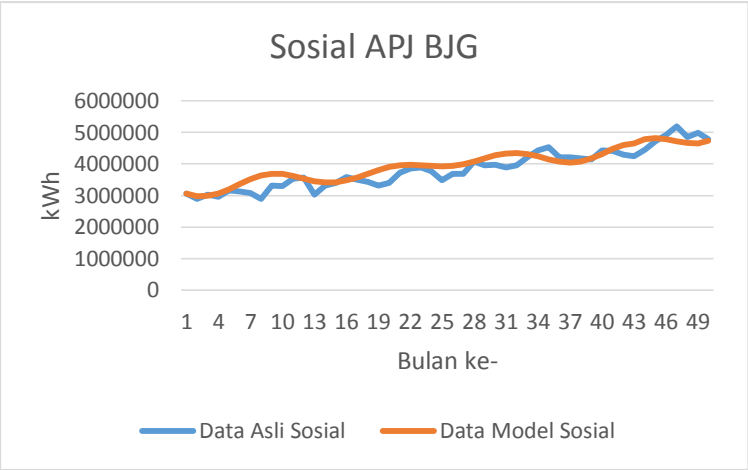
Pada subbab ini akan dilakukan validasi *base model* bagian APJ Bojonegoro. Syarat pengujian harus dapat terpenuhi agar model tersebut dapat dinilai valid. Pengujian dilakukan terhadap 9 *level* dalam 1 model. Namun untuk mempersingkat, maka hanya akan ditampilkan sosial, publik, daya langgan serta total seluruh APJ BJB sektor sosial dan publik.

##### 4.5.1.1 Total Sosial APJ BJB

Tabel 4.89 menunjukkan hasil validasi total sosial APJ BJB dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.52.

**Tabel 4.89 Hasil Validasi Total Sosial APJ BJB**

<b>Total Sosial</b>	<b>Data Asli (kWh)</b>	<b>Data Model (kWh)</b>
<b>Rata-Rata</b>	3.838.118	3.962.724
<b>Standart Deviasi</b>	609.175,2	511.967,1
<b>Error Mean</b>		3,247%
<b>Error Variance</b>		15,957%

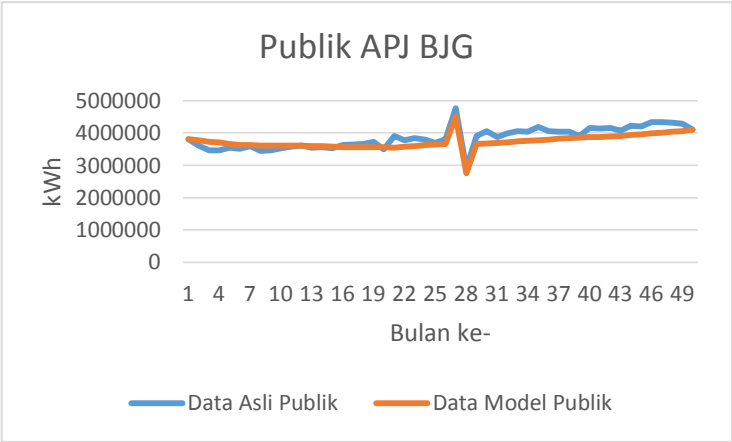


**Gambar 4.52 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial APJ BJB**

**4.5.1.2 Total Publik APJ BJB**

Tabel 4.90 menunjukkan hasil validasi total publik APJ BJB dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.53.

Tabel 4.90 Hasil Validasi Total Publik APJ BJB		
Total Publik	Data Asli (kWh)	Data Model (kWh)
Rata-Rata	3.613.928	3.621.054
Standart Deviasi	332.506,1	235.155,1
Error Mean		0,197%
Error Variance		29,278%



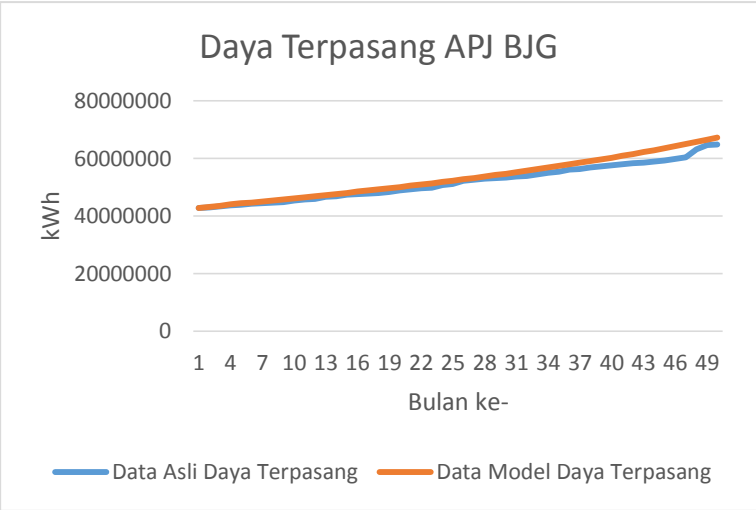
**Gambar 4.53 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Publik APJ BJJ**

**4.5.1.3 Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ BJJ**

Tabel 4.91 menunjukkan hasil validasi daya terpasang sosial dan publik APJ BJJ dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.54.

**Tabel 4.91 Hasil Validasi Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ BJJ**

Daya Terpasang Sosial dan Publik	Data Asli (VA)	Data Model (VA)
Rata-Rata	46.349.074	47.148.900
Standart Deviasi	6.134.657	7.108.913
Error Mean	1,726%	
Error Variance	15,881%	



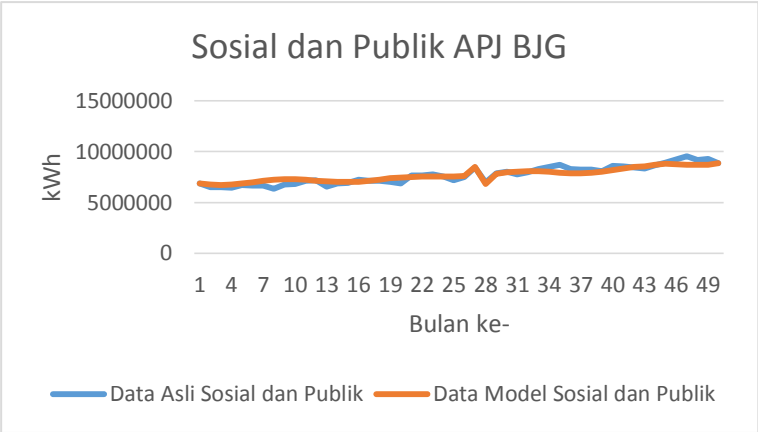
**Gambar 4.54 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ BJJ**

**4.5.1.4 Total Sosial dan Publik APJ BJJ**

Tabel 4.92 menunjukkan hasil validasi total sosial dan publik APJ BJJ dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.55.

**Tabel 4.92 Hasil Validasi Total Sosial dan Publik APJ BJJ**

Total Sosial dan Publik	Data Asli (kWh)	Data Model (kWh)
Rata-Rata	6.950.193	7.156.042
Standart Deviasi	884.411,2	648.966
Error Mean	2,962%	
Error Variance	26,622%	



**Gambar 4.55 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial dan Publik APJ BJB**

**4.5.2 Validasi Demand APJ Surabaya Utara**

Pada subbab ini akan dilakukan validasi *base model* bagian APJ Surabaya Utara. Syarat pengujian harus dapat terpenuhi agar model tersebut dapat dinilai valid. Pengujian dilakukan terhadap 9 *level* dalam 1 model. Namun untuk mempersingkat, maka hanya akan ditampilkan sosial, publik, daya langgan serta total seluruh APJ SBU sektor sosial dan publik.

**4.5.2.1 Total Sosial APJ SBU**

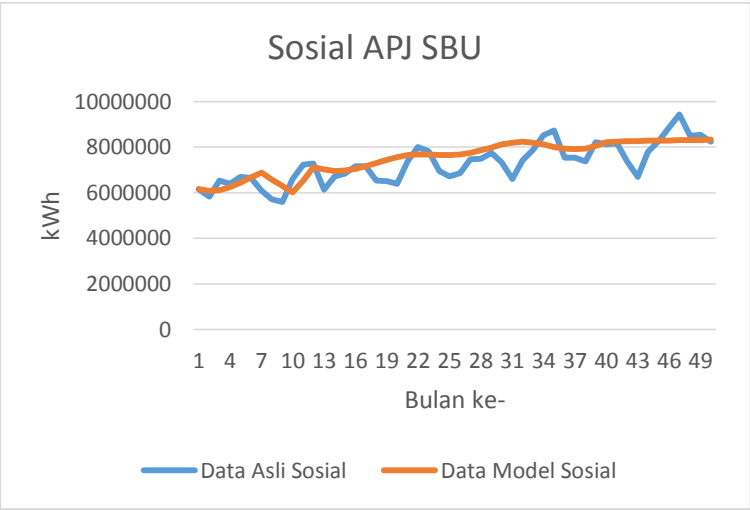
Tabel 4.93 menunjukkan hasil validasi total sosial APJ SBU dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.56.

**Tabel 4.93 Hasil Validasi Total Sosial APJ BJB**

Total Sosial	Data Asli (kWh)	Data Model (kWh)
--------------	-----------------	------------------



Rata-Rata	7.279.087	7.523.906
Standart Deviasi	879.550,3	741.565,7
Error Mean	3,363%	
Error Variance	15,688%	



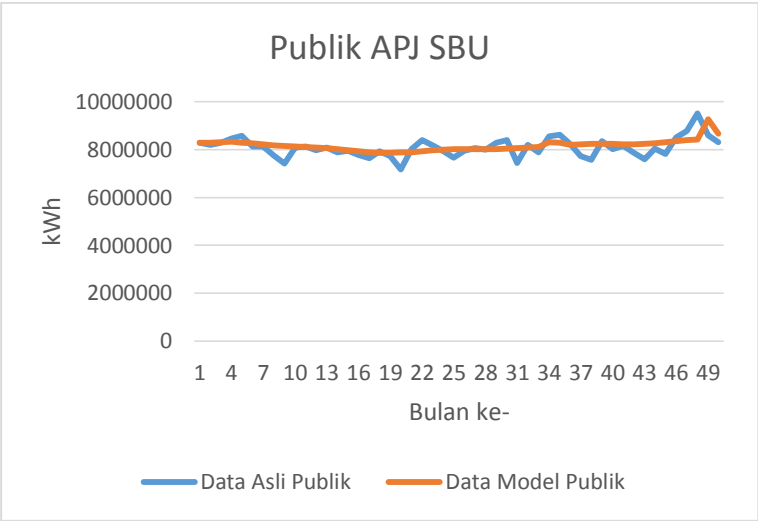
Gambar 4.56 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial APJ SBU

4.5.2.2 Total Publik APJ SBU

Tabel 4.94 menunjukkan hasil validasi total publik APJ SBU dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.57.

Tabel 4.94 Hasil Validasi Total Publik APJ SBU		
Total Publik	Data Asli (kWh)	Data Model (kWh)

<b>Rata-Rata</b>	8.083.644	8.166.712
<b>Standart Deviasi</b>	397.275,9	232.171,5
<b>Error Mean</b>	1,028%	
<b>Error Variance</b>	21,559%	



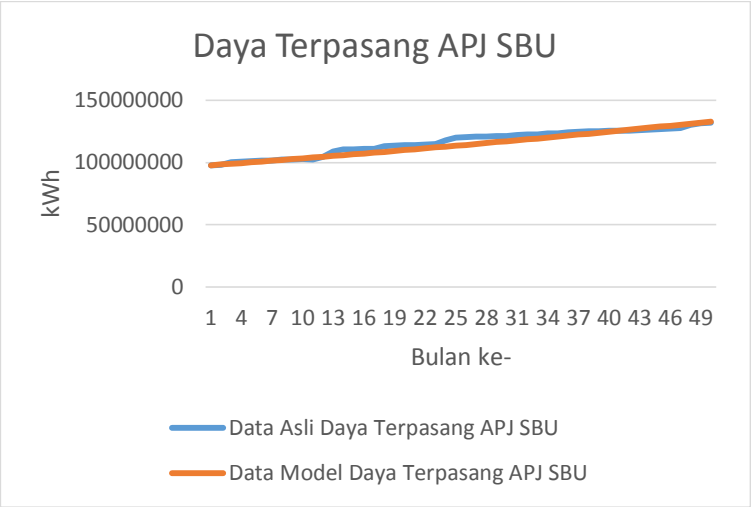
**Gambar 4.57 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Publik APJ SBU**

**4.5.2.3 Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ SBU**

Tabel 4.95 menunjukkan hasil validasi daya terpasang sosial dan publik APJ SBU dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.58.

**Tabel 4.95 Hasil Validasi Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ SBU**

Daya Terpasang Sosial dan Publik	Data Asli (VA)	Data Model (VA)
Rata-Rata	116.285.417,6	114.386.995,4
Standart Deviasi	10.160.239,45	10.452.666,64
Error Mean		1,633%
Error Variance		2,878%



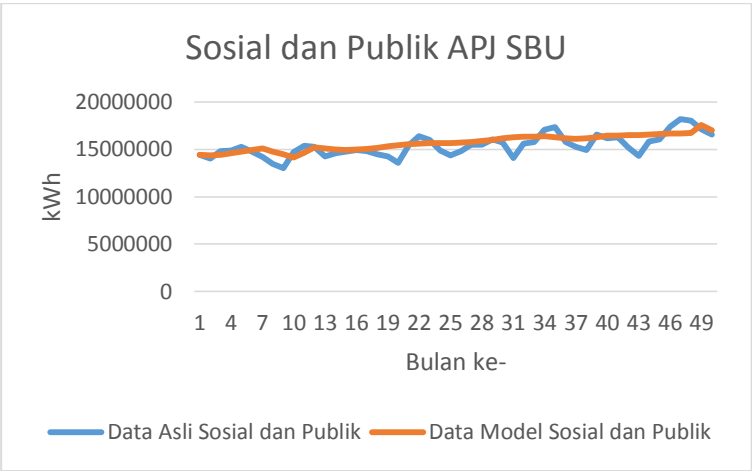
**Gambar 4.58 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ SBU**

**4.5.2.4 Total Sosial dan Publik APJ SBU**

Tabel 4.96 menunjukkan hasil validasi total sosial dan publik APJ SBU dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.59.

Tabel 4.96 Hasil Validasi Total Sosial dan Publik APJ SBU

Total Sosial dan Publik	Data Asli (kWh)	Data Model (kWh)
Rata-Rata	15.362.731	15.690.619
Standart Deviasi	1.141.690	816.757
Error Mean	2,134%	
Error Variance	28,461%	



Gambar 4.59 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial dan Publik APJ SBU

4.5.3 Validasi Demand APJ Mojokerto

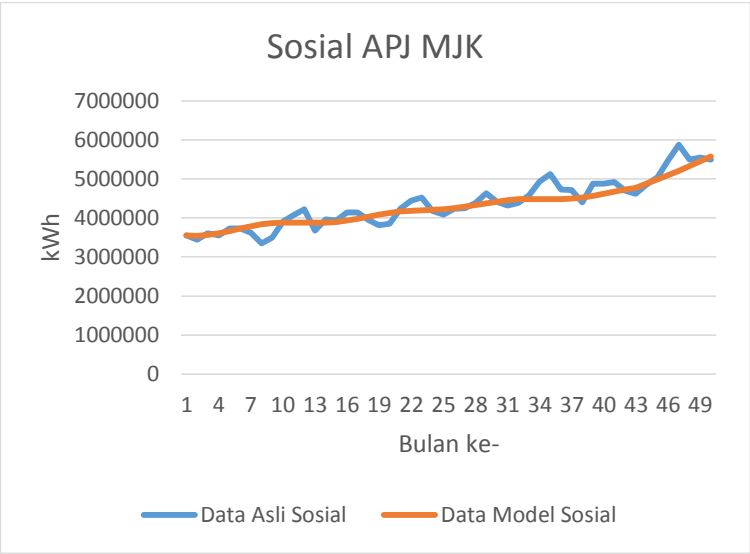
Pada subbab ini akan dilakukan validasi *base model* bagian APJ Mojokerto. Syarat pengujian harus dapat terpenuhi agar model tersebut dapat dinilai valid. Pengujian dilakukan terhadap 9 *level* dalam 1 model. Namun untuk mempersingkat, maka hanya akan ditampilkan sosial, publik, daya langgan serta total seluruh APJ MJK sektor sosial dan publik.

4.5.3.1 Total Sosial APJ MJK

Tabel 4.97 menunjukkan hasil validasi total sosial APJ MJK dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.60.

Tabel 4.97 Hasil Validasi Total Sosial APJ MJK

Total Sosial	Data Asli (kWh)	Data Model (kWh)
Rata-Rata	4.362.815	4.301.628
Standart Deviasi	613.731	501.858,6
Error Mean		1,402%
Error Variance		18,228%



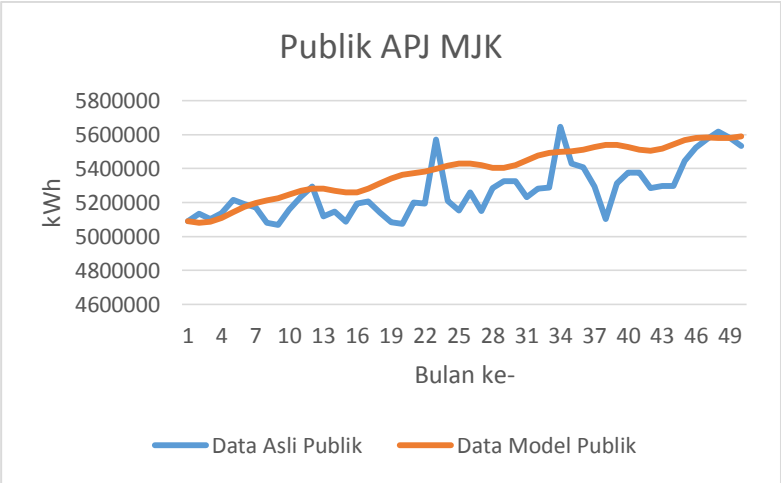
Gambar 4.60 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial APJ MJK

4.5.3.2 Total Publik APJ MJK

Tabel 4.98 menunjukkan hasil validasi total publik APJ MJK dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.61.

Tabel 4.98 Hasil Validasi Tarif S-2 APJ MJK

Total Publik	Data Asli (kWh)	Data Model (kWh)
Rata-Rata	5.269.956	5.383.459
Standart Deviasi	158.474,5	150.873,9
Error Mean	2,154%	
Error Variance	4,796%	



Gambar 4.61 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Publik APJ MJK

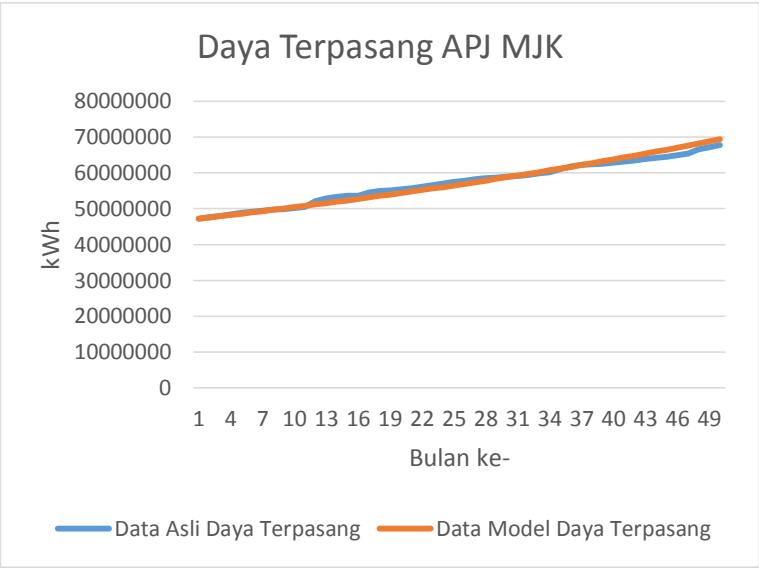
4.5.3.3 Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ MJK

Tabel 4.99 menunjukkan hasil validasi daya terpasang sosial dan publik APJ MJK dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.62.

Tabel 4.99 Hasil Validasi Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ MJK

Daya Terpasang Sosial dan Publik	Data Asli (VA)	Data Model (VA)
----------------------------------	----------------	-----------------

<b>Rata-Rata</b>	57.255.989	57.292.537
<b>Standart Deviasi</b>	5.870.920	6.573.888
<b>Error Mean</b>	0,064%	
<b>Error Variance</b>	11,974%	



**Gambar 4.62 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Daya Terpasang Sosial dan Publik APJ MJK**

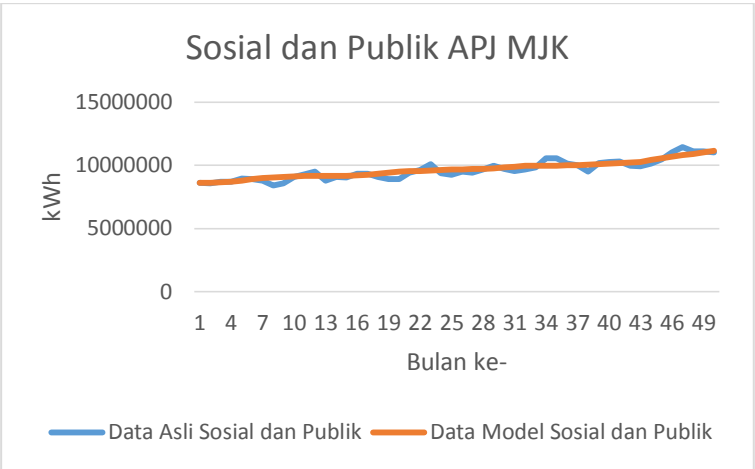
**4.5.3.4 Total Sosial dan Publik APJ MJK**

Tabel 4.100 menunjukkan hasil validasi total sosial dan publik APJ MJK dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.63.

**Tabel 4.100 Hasil Validasi Total Sosial dan Publik APJ MJK**

<b>Total Sosial dan Publik</b>	<b>Data Asli (kWh)</b>	<b>Data Model (kWh)</b>
<b>Rata-Rata</b>	9.632.770,68	9.685.088
<b>Standart</b>	757.011,8824	644.151,9

Deviasi		
Error Mean		0,543%
Error Variance		14,909%



**Gambar 4.63 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial dan Publik APJ MJK**

**4.5.4 Validasi Demand Total Jatim**

Pada subbab ini akan dilakukan validasi *base model* bagian Jawa Timur. Syarat pengujian harus dapat terpenuhi agar model tersebut dapat dinilai valid. Pengujian dilakukan terhadap 10 *level* dalam 1 model. Namun untuk mempersingkat, maka hanya akan ditampilkan sosial, publik, daya langgan serta total seluruh Jawa Timur sektor sosial dan publik.

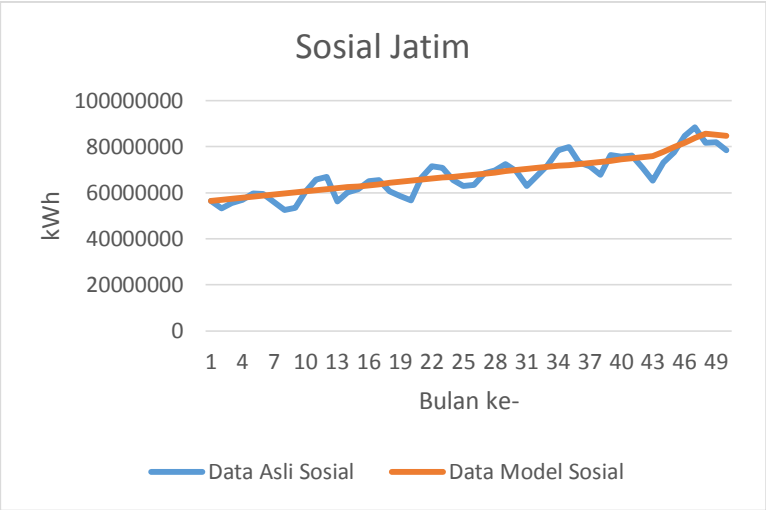
**4.5.4.1 Total Sosial JATIM**

Tabel 4.101 menunjukkan hasil validasi total sosial Jatim dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.64.



Tabel 4.101 Hasil Validasi Total Sosial Jatim

Total Sosial	Data Asli (kWh)	Data Model (kWh)
Rata-Rata	67.286.334	68.426.951
Standart Deviasi	8.896.193	7.952.603
Error Mean	1,695%	
Error Variance	10,607%	



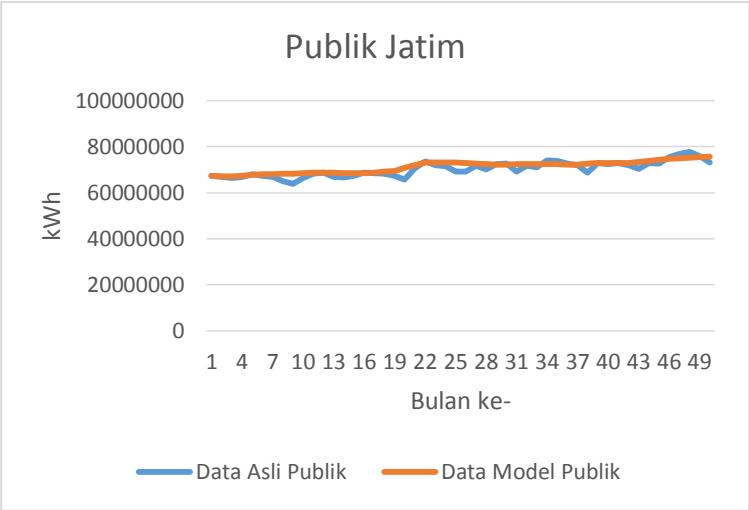
Gambar 4.64 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial Jatim

#### 4.5.4.2 Total Publik JATIM

Tabel 4.102 menunjukkan hasil validasi total publik Jatim dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.65.

Tabel 4.102 Hasil Validasi Total Publik Jatim

Total Publik	Data Asli (kWh)	Data Model (kWh)
Rata-Rata	70.263.377	71.249.942
Standart Deviasi	3.213.312	2.540.084
Error Mean		1,404%
Error Variance		20,951%



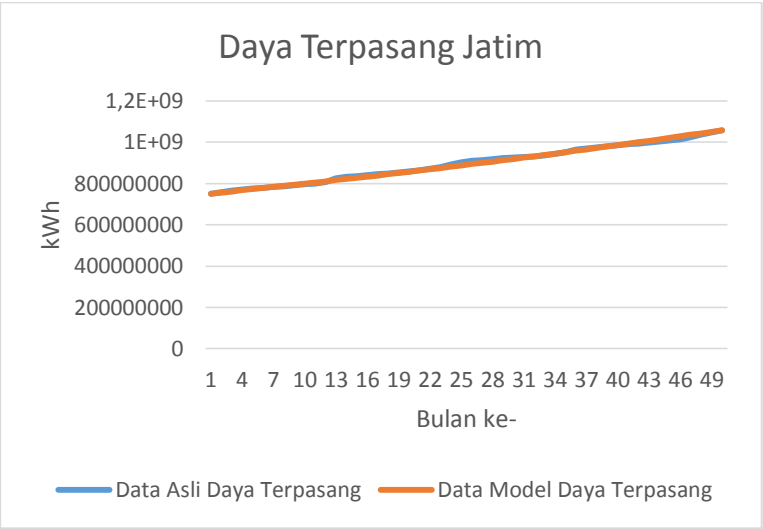
Gambar 4.65 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Publik Jatim

4.5.4.3 Daya Terpasang Sosial dan Publik JATIM

Tabel 4.103 menunjukkan hasil validasi daya terpasang sosial dan publik Jatim dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.66.

Tabel 4.103 Hasil Validasi Daya Terpasang Sosial dan Publik Jatim

Daya Terpasang Sosial dan Publik	Data Asli (VA)	Data Model (VA)
Rata-Rata	897.022.801	895.499.412
Standart Deviasi	88.624.348	91.148.830,9
Error Mean	0,170%	
Error Variance	2,849%	



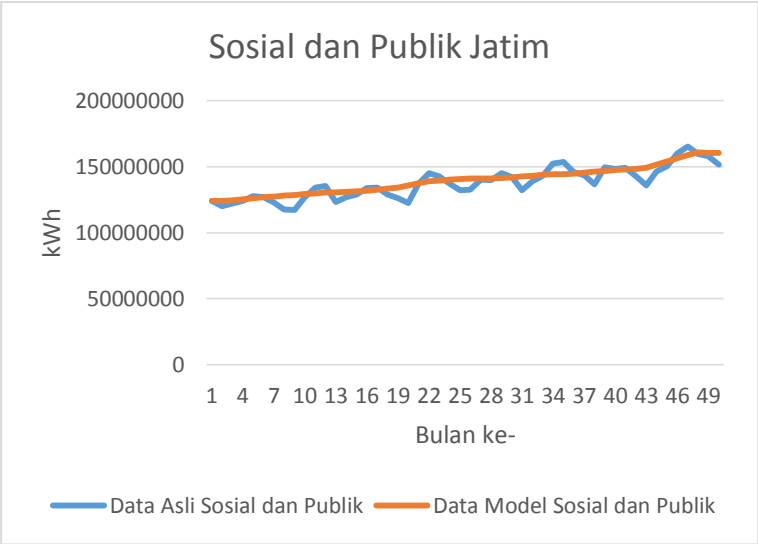
Gambar 4.66 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Daya Terpasang Sosial dan Publik Jatim

4.5.4.4 Total Sosial dan Publik JATIM

Tabel 4.104 menunjukkan hasil validasi total sosial dan publik Jatim dengan perbandingan grafik data hasil model terhadap data asli pada Gambar 4.67.

Tabel 4.104 Hasil Validasi Total Sosial dan Publik Jatim

Total Sosial dan Publik	Data Asli (kWh)	Data Model (kWh)
Rata-Rata	137.549.710,8	139.676.924
Standart Deviasi	11.988.975,66	10.349.151,6
Error Mean		1,547%
Error Variance		13,678%



Gambar 4.67 Grafik Perbandingan Data Asli dengan Data Model Total Sosial dan Publik Jatim

4.6 Skenario

Skenario dikembangkan untuk memperbaiki dan meningkatkan kinerja dari sistem. Skenario juga memungkinkan untuk membandingkan hasil dari beberapa kemungkinan yang

terjadi di masa depan. Tabel 4.105 *time bounds* skenario model pada simulasi dinamis perencanaan pasokan dan kebutuhan energi listrik sektor sosial dan publik di Jawa Timur adalah mulai dari 51 sampai 200 dengan satuan waktu atau *time step* bulan. Simulasi pada skenario dimulai dari Maret 2016 sampai Agustus 2028 selama 200 bulan.

**Tabel 4.105 *Time Bound* pada skenario model**

<b>Variabel</b>	<b>Nilai</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Initial Time</i>	51	Waktu awal simulasi yaitu bulan Januari 2012
<i>Final Time</i>	200	Waktu akhir simulasi yaitu 50 artinya bulan Februari 2016
<i>Save Result</i>	<i>Every Time Step</i>	Penyimpanan hasil dilakukan setiap <i>time step</i>
<i>Unit</i>	<i>Month</i>	Per satu <i>time step</i> memiliki satuan bulan

Dalam tugas akhir ini, skenario dibedakan menjadi 3 Skenario yaitu :

### **1) Skenario *Most Likely***

Skenario ini dikembangkan dengan mensimulasikan model *base model* tanpa adanya perubahan parameter ataupun struktur dari sistem. Dalam grafik ditunjukkan dengan warna biru.

### **2) Skenario *Optimis***

Skenario ini dikembangkan dengan menaikkan pertumbuhan PDRB terhadap kenaikan listrik. Untuk skenario optimis pertumbuhan listrik dinaikkan 0.5% setiap bulannya atau sama dengan 6% untuk 1 tahun. Dalam grafik ditunjukkan dengan warna merah.

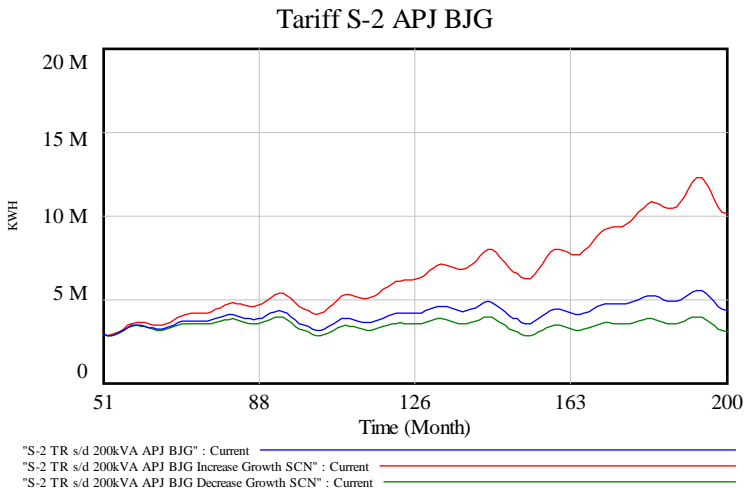
### **3) Skenario *Pesimis***

Skenario ini dikembangkan dengan menurunkan pertumbuhan PDRB terhadap pertumbuhan listrik. Untuk skenario pesimis pertumbuhan listrik diturunkan sebesar 0.5% setiap bulannya atau sama dengan 6% untuk 1 tahun. Dalam grafik ditunjukkan dengan warna hijau.

Skenario dilakukan pada tarif S-1, tarif S-2, tarif S-3, tarif P-1, tarif P-2, tarif P-3, dan *demand* sosial dan publik total pada setiap APJ, yaitu APJ BJB, MJK, dan SBU serta di Jawa Timur.

#### 4.6.1 Skenario APJ Bojonegoro

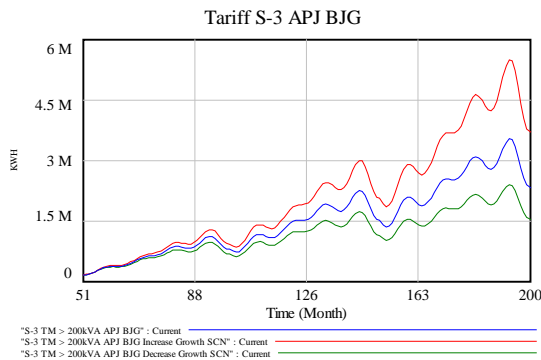
*Demand* tarif S-2 APJ BJB pada Gambar 4.68 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 10 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 4 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 3 juta kWh.



**Gambar 4.68 Skenario Tarif S-2 APJ BJB**

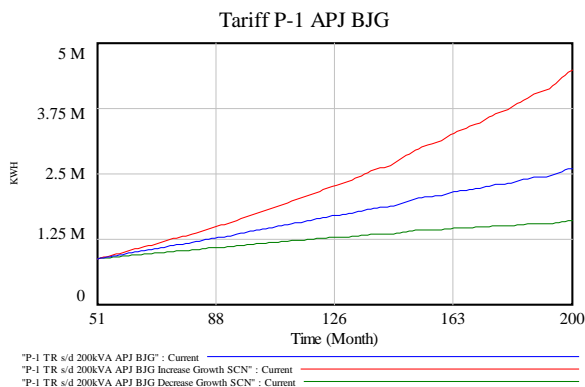
*Demand* tarif S-3 APJ BJB pada Gambar 4.69 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 4 juta kWh, skenario *most likely* mencapai

sekitar 2,5 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 1,5 juta kWh.



**Gambar 4.69 Skenario Tarif S-3 APJ BJB**

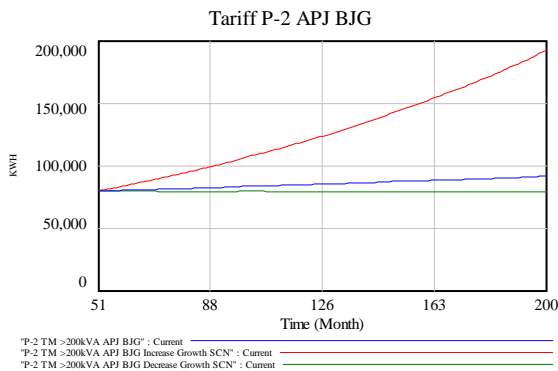
*Demand* tarif P-1 APJ BJB pada Gambar 4.70 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 4 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 2,5 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 1,5 juta kWh.



**Gambar 4.70 Skenario Tarif P-1 APJ BJB**

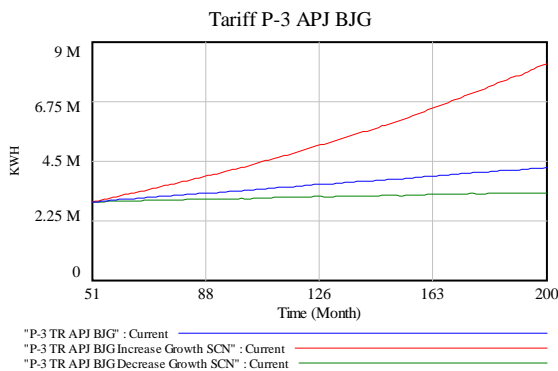
*Demand* tarif P-2 APJ BJB pada Gambar 4.71 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 180 ribu kWh, skenario *most likely* mencapai

sekitar 90 ribu kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 70 ribu kWh.



**Gambar 4.71 Skenario Tarif P-2 APJ BJJ**

*Demand* tarif P-3 APJ BJJ pada Gambar 4.72 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 8 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 4 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 2,5 juta kWh.

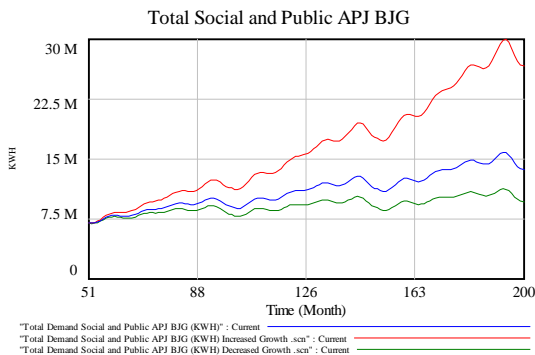


**Gambar 4.72 Skenario Tarif P-3 APJ BJJ**

*Demand* total sosial dan publik APJ BJJ pada Gambar 4.73 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 28 juta kWh, skenario *most likely*



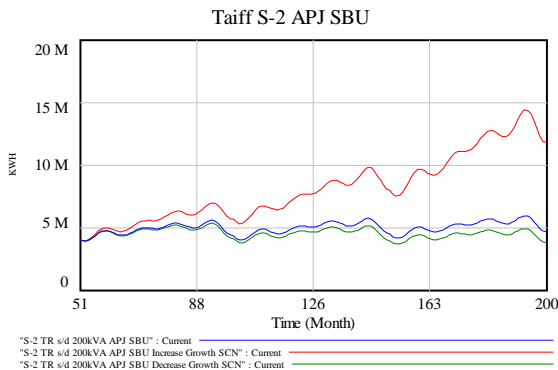
mencapai sekitar 15 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 9 juta kWh.



Gambar 4.73 Skenario Total Sosial dan Publik APJ BJB

4.6.2 Skenario APJ Surabaya Utara

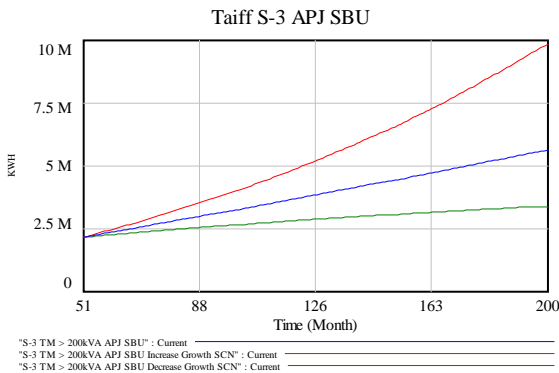
*Demand* tarif S-2 APJ SBU pada Gambar 4.74 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 13 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 5 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 3 juta kWh.



Gambar 4.74 Skenario Tarif S-2 APJ SBU

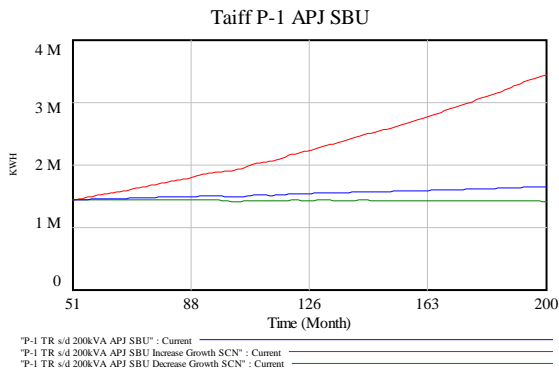
*Demand* tarif S-3 APJ SBU pada Gambar 4.75 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 9 juta kWh, skenario *most likely* mencapai

sekitar 6 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 3 juta kWh.



**Gambar 4.75 Skenario Tarif S-3 APJ SBU**

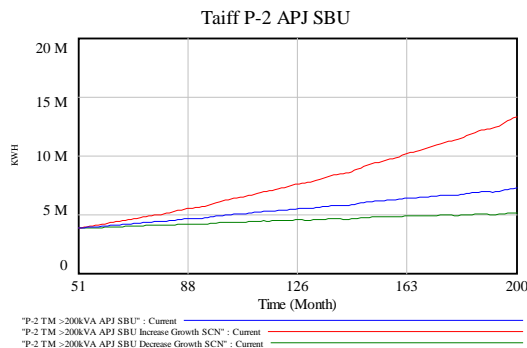
*Demand* tarif P-1 APJ SBU pada Gambar 4.76 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 3.5 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 1.8 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 1.3 juta kWh.



**Gambar 4.76 Skenario Tarif P-1 APJ SBU**

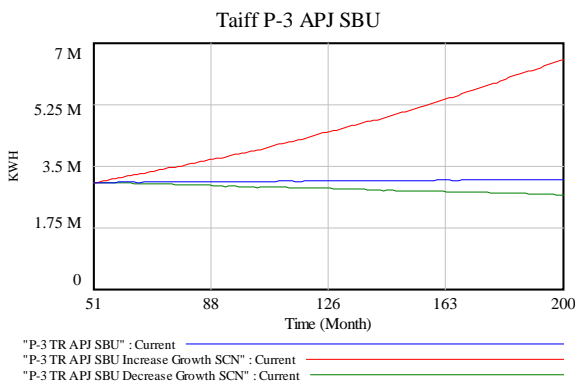
*Demand* tarif P-2 APJ SBU pada Gambar 4.77 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 13 juta kWh, skenario *most likely* mencapai

sekitar 8 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 5 juta kWh.



**Gambar 4.77 Skenario Tarif P-2 APJ SBU**

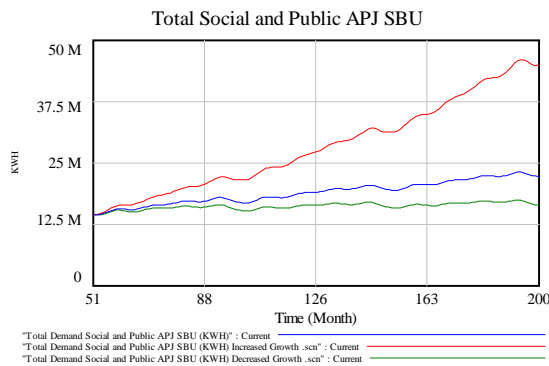
*Demand* tarif P-3 APJ SBU pada Gambar 4.78 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 6 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 3 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis turun menjadi sekitar 2.5 juta kWh.



**Gambar 4.78 Skenario Tarif P-3 APJ SBU**

*Demand* total sosial dan publik APJ SBU pada Gambar 4.79 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 40 juta kWh, skenario *most likely*

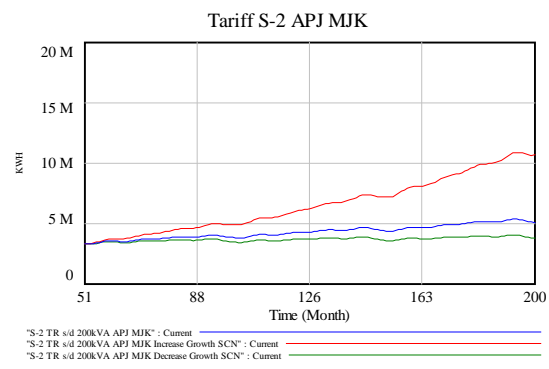
mencapai sekitar 22 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 15 juta kWh.



Gambar 4.79 Skenario Total Sosial dan Publik APJ SBU

4.6.3 Skenario APJ Mojokerto

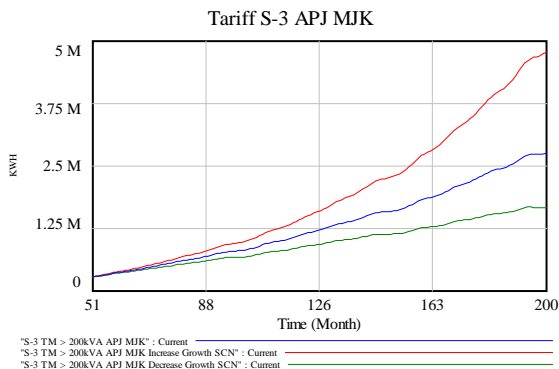
Demand tarif S-2 APJ MJK pada Gambar 4.80 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 11 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 5 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 3 juta kWh.



Gambar 4.80 Skenario Tarif S-2 APJ MJK

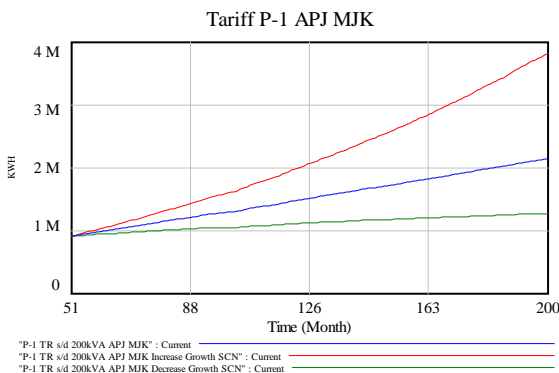
Demand tarif S-3 APJ MJK pada Gambar 4.81 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 4,5 juta kWh, skenario *most likely* mencapai

sekitar 2,5 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 1,5 juta kWh.



**Gambar 4.81 Skenario Tarif S-3 APJ MJK**

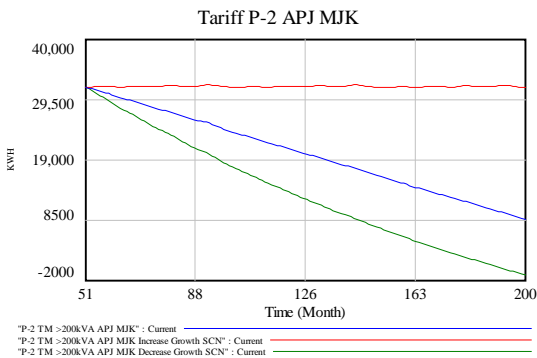
*Demand* tarif P-1 APJ MJK pada Gambar 4.82 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 3,8 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 2 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 1,3 juta kWh.



**Gambar 4.82 Skenario Tarif P-1 APJ MJK**

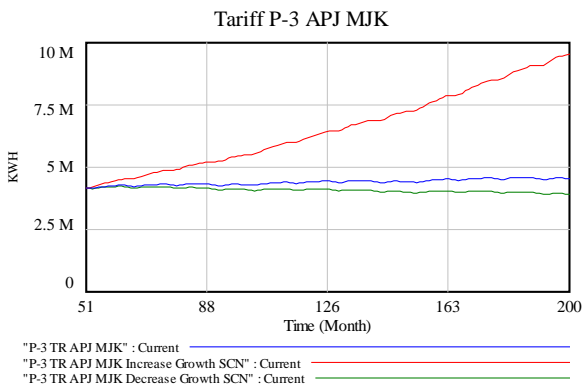
*Demand* tarif P-2 APJ MJK pada Gambar 4.83 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 28 ribu kWh, skenario *most likely* turun menjadi

sekitar 8500 kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 200.000 kWh.



**Gambar 4.83 Skenario Tarif P-2 APJ MJK**

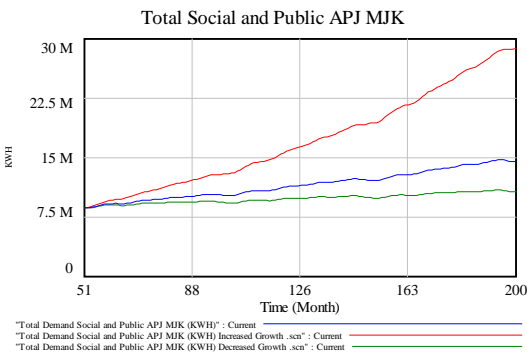
*Demand* tarif P-3 APJ MJK pada Gambar 4.84 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 9 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 4 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 3 juta kWh.



**Gambar 4.84 Skenario Tarif P-3 APJ MJK**

*Demand* total sosial dan publik APJ MJK pada Gambar 4.85 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 28 juta kWh, skenario *most likely*

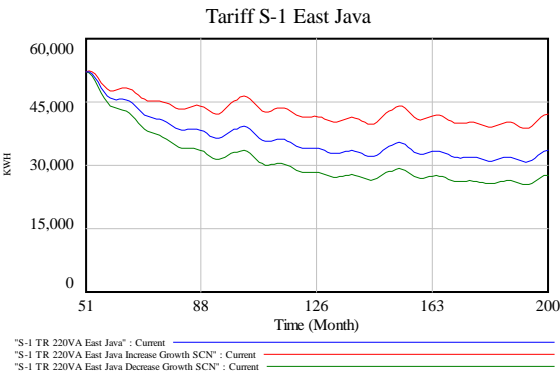
mencapai sekitar 15 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 9 juta kWh.



Gambar 4.85 Skenario Total Sosial dan Publik APJ MJK

4.6.4 Skenario Total Jatim

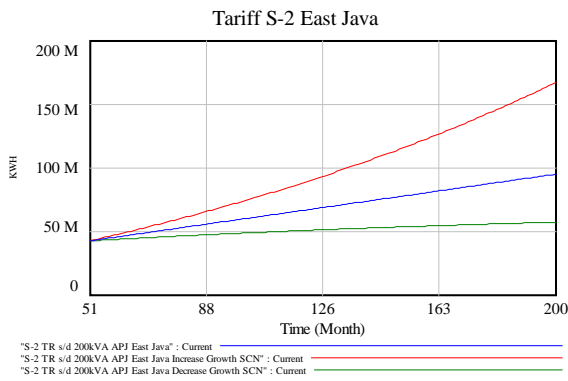
*Demand* tarif S-1 Jatim pada Gambar 4.86 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 turun menjadi sekitar 40 ribu kWh, skenario *most likely* juga turun menjadi sekitar 32 ribu kWh, sedangkan pada skenario pesimis juga turun menjadi sekitar 28 ribu kWh.



Gambar 4.86 Skenario Tarif S-1 Jatim

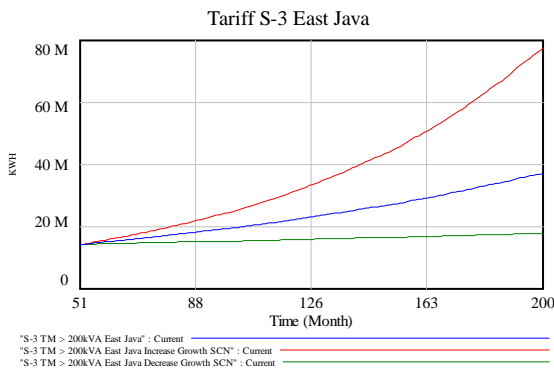
*Demand* tarif S-2 Jatim pada Gambar 4.87 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 165 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 90 juta kWh,

sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 60 juta kWh.



Gambar 4.87 Skenario Tarif S-2 Jatim

*Demand* tarif S-3 Jatim pada Gambar 4.88 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 70 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 30 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 10 juta kWh.

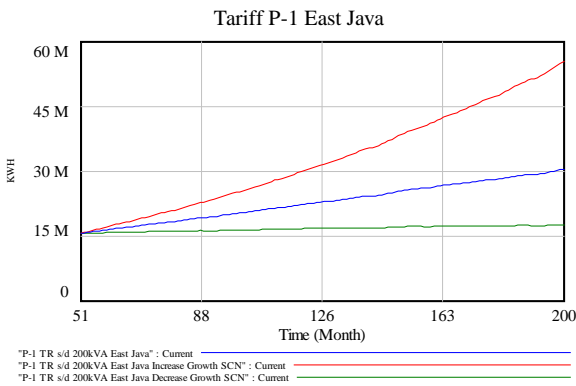


Gambar 4.88 Skenario Tarif S-3 Jatim

*Demand* tarif P-1 Jatim pada Gambar 4.89 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 50 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 30 juta kWh,

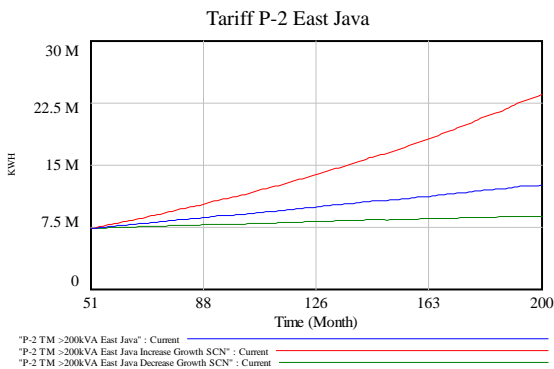


sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 18 juta kWh.



Gambar 4.89 Skenario Tarif P-1 Jatim

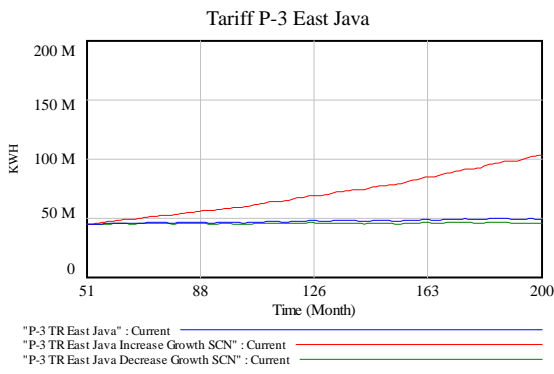
*Demand* tarif P-2 Jatim pada Gambar 4.90 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 23 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 10 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 8 juta kWh.



Gambar 4.90 Skenario Tarif P-2 Jatim

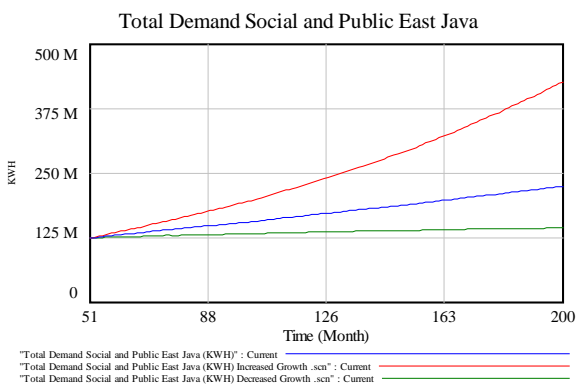
*Demand* tarif P-3 APJ BJJ pada Gambar 4.91 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 100 juta kWh, skenario *most likely* mencapai

sekitar 50 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 45 juta kWh.



Gambar 4.91 Skenario Tarif P-3 Jatim

*Demand* total sosial dan publik Jatim pada Gambar 4.92 pada skenario optimis di *time step* 200 atau pada Agustus 2028 mencapai sekitar 450 juta kWh, skenario *most likely* mencapai sekitar 240 juta kWh, sedangkan pada skenario pesimis hanya mencapai sekitar 150 juta kWh.



Gambar 4.92 Skenario Total Demand Sosial dan Publik Jatim

**4.7 Pembahasan Skenario**

Pada subbab ini akan dibahas hasil dari skenario yang telah dilakukan pada setiap APJ. Pada setiap APJ dapat diketahui

rata-rata pertumbuhan listrik pada setiap tarif, tergantung dari skenario mana yang dipakai. Setelah mengetahui pertumbuhan listrik dan peramalan energi listrik di masa depan maka dapat mengetahui seberapa besar kebutuhan listrik yang harus dicukupi.

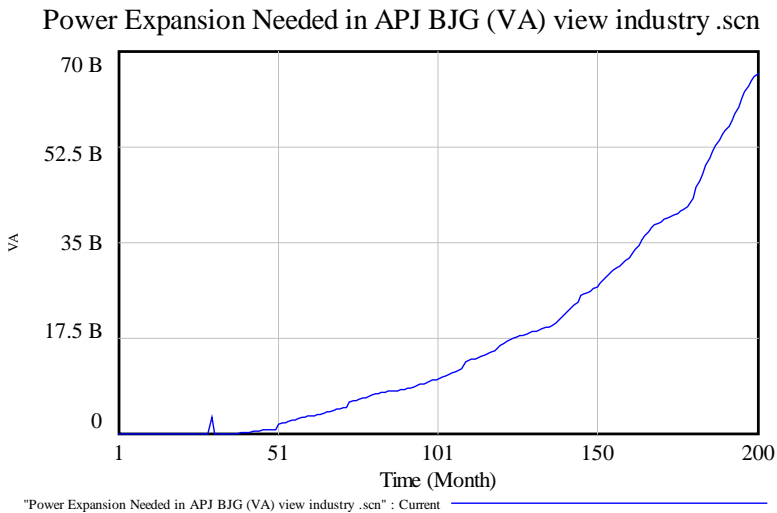
#### 4.7.1 Pembahasan Skenario APJ BJG

Setelah skenario dilakukan, pada Tabel 4.106 merupakan hasil rata-rata skenario yang telah dilakukan APJ Bojonegoro untuk sektor sosial dan publik.

**Tabel 4.106 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik APJ BJG**

Tarif	Status	Rata-Rata Pertumbuhan per Bulan	Rata-Rata Pertumbuhan per Tahun
S-2	<i>Most Likely</i>	0,299%	2,749%
	Optimis	0,652%	7,829%
	Pesimis	0,050%	0,605%
S-3	<i>Most Likely</i>	1,452%	17,452%
	Optimis	1,690%	20,274%
	Pesimis	1,241%	14,887%
P-1	<i>Most Likely</i>	0,533%	6,632%
	Optimis	0,829%	9,946%
	Pesimis	0,306%	3,677%
P-2	<i>Most Likely</i>	0,069%	0,824%
	Optimis	0,443%	5,316%
	Pesimis	-0,006%	-0,075%
P-3	<i>Most Likely</i>	0,183%	2,196%
	Optimis	0,514%	6,167%
	Pesimis	0,056%	0,672%
Total	<i>Most Likely</i>	0,347%	4,166%
	Optimis	0,686%	8,233%
	Pesimis	0,169%	2,027%

Pertumbuhan *demand* sektor sosial dan publik dan sektor lainnya menyebabkan gardu induk PLN suatu saat tidak akan mampu lagi memenuhi kebutuhan energi listrik pelanggan.



**Gambar 4.93 Skenario *Supply* APJ BJB**

Gambar 4.93 menjelaskan pada *time step* 45 atau pada sekitar September 2015 *supply* di APJ BJB sudah tidak bisa memenuhi kebutuhan listrik pelanggan, penanganan sementara yang dilakukan PLN adalah memasok kebutuhan energi listrik tambahan dari gardu induk di APJ sekitar APJ BJB. Sedangkan pada *time step* 200 atau Agustus 2028 terjadi kenaikan yang cukup tinggi hampir 70 miliar VA *supply* tambahan yang dibutuhkan pada APJ BJB, hal ini dikarenakan pesatnya kenaikan kebutuhan dan daerah Bojonegoro dengan tumbuhnya perekonomian lebih baik. Hal ini juga selaras dengan ketersediaan lahan yang masih banyak untuk perindustrian dan sektor lainnya yang menunjang perekonomian yang terus tumbuh.

Dari ketiga skenario yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa :

1. Untuk skenario optimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Bojonegoro mengalami

- peningkatan sebesar 8,233% per tahun atau setara dengan 0,686% per bulan.
2. Untuk skenario pesimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Bojonegoro mengalami peningkatan sebesar 2,027% per tahun atau setara dengan 0,169% per bulan
  3. Untuk skenario *most likely* pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Bojonegoro mengalami peningkatan sebesar 4,166% per tahun atau setara dengan 0,347% per bulan. Skenario *most likely* digunakan untuk melakukan peramalan kekurangan pasokan listrik, karena skenario ini menggunakan data asli tanpa adanya perubahan data ataupun penambahan data.

#### 4.7.2 Pembahasan Skenario APJ SBU

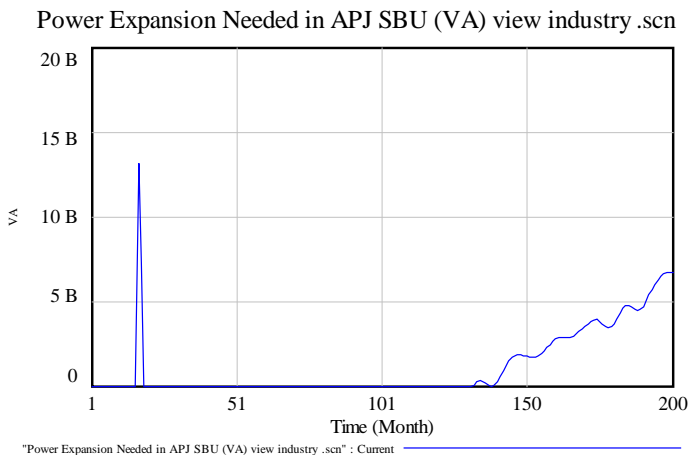
Setelah skenario dilakukan, pada Tabel 4.107 merupakan hasil rata-rata skenario yang telah dilakukan pada APJ Surabaya Utara untuk sektor sosial dan publik.

**Tabel 4.107 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik APJ SBU**

Tarif	Status	Rata-Rata Pertumbuhan per Bulan	Rata-Rata Pertumbuhan per Tahun
S-2	<i>Most Likely</i>	0,093%	1,115%
	Optimis	0,565%	6,779%
	Pesimis	-0,010%	-0,120%
S-3	<i>Most Likely</i>	0,484%	5,813%
	Optimis	0,770%	9,237%
	Pesimis	0,228%	2,741%
P-1	<i>Most Likely</i>	0,067%	0,807%
	Optimis	0,442%	5,299%
	Pesimis	-0,008%	-0,092%
P-2	<i>Most Likely</i>	0,321%	3,853%
	Optimis	0,629%	7,544%
	Pesimis	0,149%	1,787%
P-3	<i>Most Likely</i>	0,015%	0,176%

	Optimis	0,389%	4,688%
	Pesimis	-0,060%	-0,723%
Total	<i>Most Likely</i>	0,218%	2,615%
	Optimis	0,574%	6,885%
	Pesimis	0,065%	0,776%

Pada APJ SBU dikarenakan daerah metropolis dikarenakan kenaikan kebutuhan listrik yang tidak terlalu pesat sehingga *supply* tambahan baru dari gardu induk diperlukan pada sekitar 2022 atau *time step* 130 yang ditunjukkan pada Gambar 4.94. Sedangkan pada Agustus 2028 hanya dibutuhkan sekitar 7 miliar VA *supply* tambahan. Pada *time step* 16 sendiri terjadi anomali kebutuhan energi listrik di sektor industri, yaitu kenaikan 10 kali lipat kebutuhan energi listrik di sektor industri, sehingga penanganan sementara adalah penambahan pasokan dari gardu induk pada APJ di sekitar APJ SBU.



**Gambar 4.94 Skenario Supply APJ SBU**

Dari ketiga skenario yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa :

1. Untuk skenario optimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Bojonegoro mengalami peningkatan sebesar 6,885% per tahun atau setara dengan 0,574% per bulan.
2. Untuk skenario pesimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Bojonegoro mengalami peningkatan sebesar 0,776% per tahun atau setara dengan 0,065% per bulan.
3. Untuk skenario *most likely* pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Bojonegoro mengalami peningkatan sebesar 2,615% per tahun atau setara dengan 0,218% per bulan. Skenario *most likely* digunakan untuk melakukan peramalan kekurangan pasokan listrik, karena skenario ini menggunakan data asli tanpa adanya perubahan data ataupun penambahan data.

#### 4.7.3 Pembahasan Skenario APJ MJK

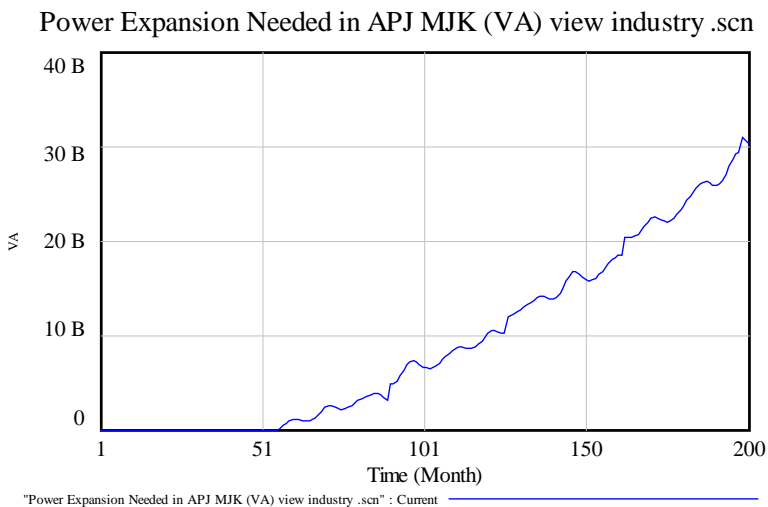
Setelah skenario dilakukan, pada Tabel 4.108 merupakan hasil rata-rata skenario yang telah dilakukan pada APJ Mojokerto untuk sektor sosial dan publik.

**Tabel 4.108 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Listrik APJ MJK**

Tarif	Status	Rata-Rata Pertumbuhan per Bulan	Rata-Rata Pertumbuhan per Tahun
S-2	<i>Most-Likely</i>	0,221%	2,657%
	Optimis	0,596%	7,150%
	Pesimis	0,072%	0,860%
S-3	<i>Most-Likely</i>	1,172%	14,061%
	Optimis	1,454%	17,453%
	Pesimis	0,914%	10,964%
P-1	<i>Most-Likely</i>	0,432%	5,184%
	Optimis	0,725%	8,705%
	Pesimis	0,167%	2,007%
P-2	<i>Most-Likely</i>	-0,656%	-7,868%
	Optimis	-0,001%	-0,011%

	Pesimis	-0,240%	-2,879%
P-3	<i>Most-Likely</i>	0,045%	0,543%
	Optimis	0,420%	5,036%
	Pesimis	-0,030%	-0,355%
Total	<i>Most-Likely</i>	0,261%	3,135%
	Optimis	0,608%	7,295%
	Pesimis	0,103%	1,238%

Gambar 4.95 menjelaskan pada *time step* 58 atau akan terjadi pada sekitar Oktober 2016 *supply* di APJ MJK sudah tidak bisa memenuhi kebutuhan listrik pelanggan. Pada Agustus 2028 diperlukan ekspansi daya listrik sekitar 30 miliar VA untuk memasok kebutuhan energi listrik pelanggan di APJ MJK.



**Gambar 4.95 Skenario Supply APJ MJK**

Dari ketiga skenario yang telah dilakukan , dapat diketahui bahwa :

1. Untuk skenario optimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Bojonegoro mengalami



- peningkatan sebesar 7,295% per tahun atau setara dengan 0,608% per bulan.
2. Untuk skenario pesimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Bojonegoro mengalami peningkatan sebesar 1,238% per tahun atau setara dengan 0,103% per bulan.
  3. Untuk skenario *most likely* pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Bojonegoro mengalami peningkatan sebesar 3,135% per tahun atau setara dengan 0,261% per bulan. Skenario *most likely* digunakan untuk melakukan peramalan kekurangan pasokan listrik, karena skenario ini menggunakan data asli tanpa adanya perubahan data ataupun penambahan data.

#### 4.7.4 Pembahasan Skenario APJ Jatim

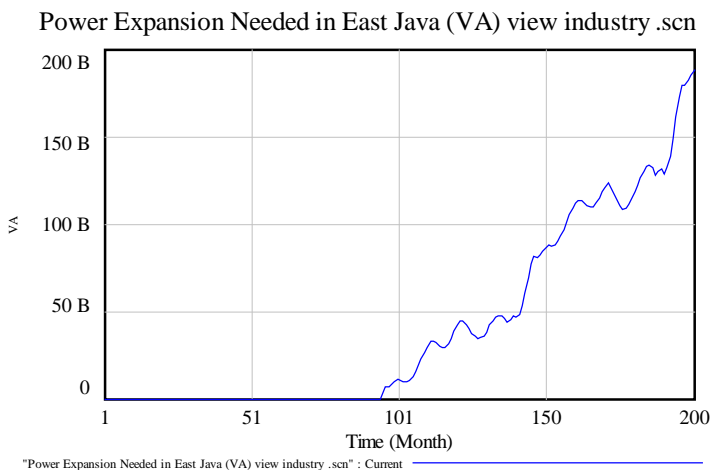
Setelah skenario dilakukan, pada Tabel 4.109 merupakan hasil rata-rata skenario yang telah dilakukan pada total Jawa Timur untuk sektor sosial dan publik.

**Tabel 4.109 Hasil Skenario Rata-Rata Pertumbuhan Setiap Tarif Total Jatim**

Tarif	Status	Rata-Rata Pertumbuhan per Bulan	Rata-Rata Pertumbuhan per Tahun
S-1	Most-Likely	-0,221%	-2,646%
	Optimis	-0,105%	-1,256%
	Pesimis	-0,316%	-3,797%
S-2	Most-Likely	0,406%	4,867%
	Optimis	0,692%	8,299%
	Pesimis	0,149%	1,793%
S-3	Most-Likely	0,485%	5,820%
	Optimis	0,859%	10,312%
	Pesimis	0,111%	1,327%
P-1	Most-Likely	0,336%	4,029%
	Optimis	0,639%	7,666%
	Pesimis	0,060%	0,723%
P-2	Most-Likely	0,272%	3,267%

	Optimis	0,590%	7,077%
	Pesimis	0,093%	1,116%
P-3	Most-Likely	0,050%	0,605%
	Optimis	0,425%	5,097%
	Pesimis	0,013%	0,156%
Total	Most-Likely	0,298%	3,572%
	Optimis	0,623%	7,480%
	Pesimis	0,073%	0,879%

Gambar 4.96 menjelaskan secara keseluruhan di Jawa Timur pada *time step* 95 atau akan terjadi pada sekitar akhir tahun 2019 *supply* di Jawa Timur sudah tidak bisa memenuhi kebutuhan listrik pelanggan. Pada Agustus 2028 diperlukan ekspansi daya listrik hampir 200 miliar VA untuk memasok kebutuhan energi listrik pelanggan di seluruh Jawa Timur.



**Gambar 4.96 Skenario Supply Jawa Timur**

Dari ketiga skenario yang telah dilakukan , dapat diketahui bahwa :

1. Untuk skenario optimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Bojonegoro mengalami

- peningkatan sebesar 7,480% per tahun atau setara dengan 0,623% per bulan.
2. Untuk skenario pesimis pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Bojonegoro mengalami peningkatan sebesar 0,879% per tahun atau setara dengan 0,073% per bulan.
  3. Untuk skenario *most likely* pertumbuhan listrik total sektor sosial dan publik pada APJ Bojonegoro mengalami peningkatan sebesar 3,572% per tahun atau setara dengan 0,298% per bulan. Skenario *most likely* digunakan untuk melakukan peramalan kekurangan pasokan listrik, karena skenario ini menggunakan data asli tanpa adanya perubahan data ataupun penambahan data.

#### **4.8 Perbandingan Metode Simulasi Dinamis dengan DKL 3.2**

Pada subbab ini berisi tentang analisa perbandingan simulasi dinamis dengan metode DKL 3.2 dengan membandingkan *error mean comparison* (E1) dan *error variance comparison* (E2) dari simulasi dinamis terhadap data asli dan metode DKL 3.2 terhadap data asli. Analisa dilakukan pada data *demand* total sosial dan publik APJ Bojonegoro, Surabaya Utara, dan Mojokerto, serta total Jawa Timur.

Sebelum membandingkan antara simulasi dinamis dengan metode DKL 3.2, nilai dari  $eP$  dan  $gP$  pada rumus proyeksi DKL 3.2 seperti yang sudah dijelaskan pada Persamaan 2.1 harus dicari dari data PDRB sosial dan publik. Perhitungan metode DKL 3.2 dilakukan dari data historis PLN yang telah diolah, diketahui pertumbuhan permintaan energi listrik di Jawa Timur mencapai 9,5%, kemudian dari data PDRB diketahui pertumbuhan seluruh PDRB total di Jawa Timur dari tahun awal 2012 terhadap tahun 2013 adalah 11,8%. Sehingga nilai  $eP$  adalah 8% dan dari data PDRB yang telah diolah diketahui pertumbuhan PDRB sektor sosial dan publik atau  $gP$  adalah 10,2%. Data-data tadi

dimasukkan dalam Persamaan 2.1 yang merupakan metode DKL 3.2.

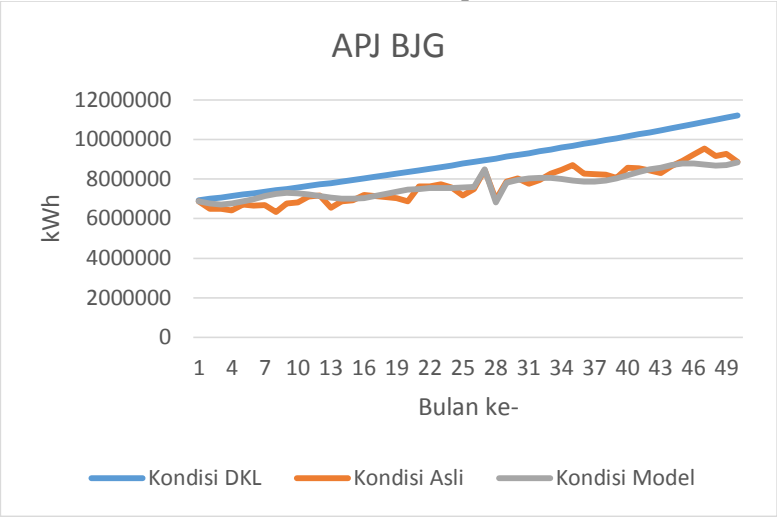
4.8.1 APJ BJJ

Tabel 4.126 merupakan hasil dari E1 dan E2 pada 2 metode.

Tabel 4.110 E1 dan E2 Dua Metode APJ BJJ

	DKL 3.2	Simulasi Dinamis
Error Mean	11,804%	2,962%
Error Variance	30,319%	26,622%

Gambar 4.113 merupakan perbandingan grafik data antara kondisi DKL, kondisi asli, dan kondisi model. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa data dai model DKL lebih menyerupai dengan data asli atau dapat dikatakan *error* dari model simulasi dinamis lebih kecil daripada *error* dari DKL.



Gambar 4.97 Perbandingan Grafik Data Tiga Kondisi Model APJ BJJ

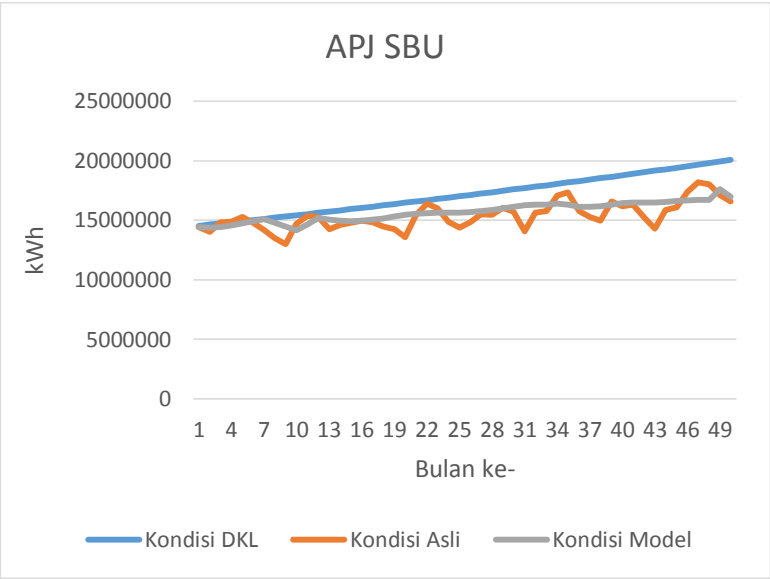
4.8.2 APJ SBU

Tabel 4.127 merupakan hasil dari E1 dan E2 pada 2 metode.

Tabel 4.111 E1 dan E2 Dua Metode APJ SBU

	DKL 3.2	Simulasi Dinamis
Error Mean	10,420%	2,134%
Error Variance	30,433%	28,461%

Gambar 4.114 merupakan perbandingan grafik data antara kondisi DKL, kondisi asli, dan kondisi model. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa data dai model DKL lebih menyerupai dengan data asli atau dapat dikatakan *error* dari model simulasi dinamis lebih kecil daripada *error* dari DKL.



Gambar 4.98 Perbandingan Grafik Data Tiga Kondisi Model APJ SBU

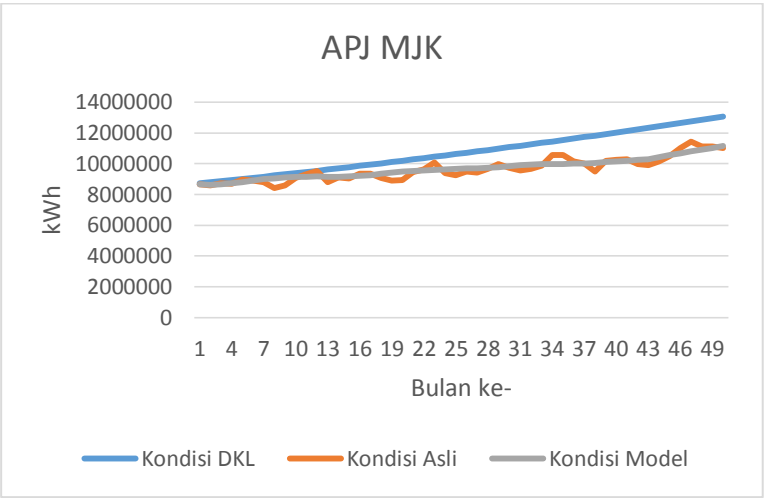
4.8.3 APJ MJK

Tabel 4.128 merupakan hasil dari E1 dan E2 pada 2 metode.

Tabel 4.112 E1 dan E2 Dua Metode APJ MJK

	DKL 3.2	Simulasi Dinamis
Error Mean	10,316%	0,543%
Error Variance	41,346%	14,909%

Gambar 4.115 merupakan perbandingan grafik data antara kondisi DKL, kondisi asli, dan kondisi model. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa data dai model DKL lebih menyerupai dengan data asli atau dapat dikatakan *error* dari model simulasi dinamis lebih kecil daripada *error* dari DKL.



Gambar 4.99 Perbandingan Grafik Data Tiga Kondisi Model APJ MJK

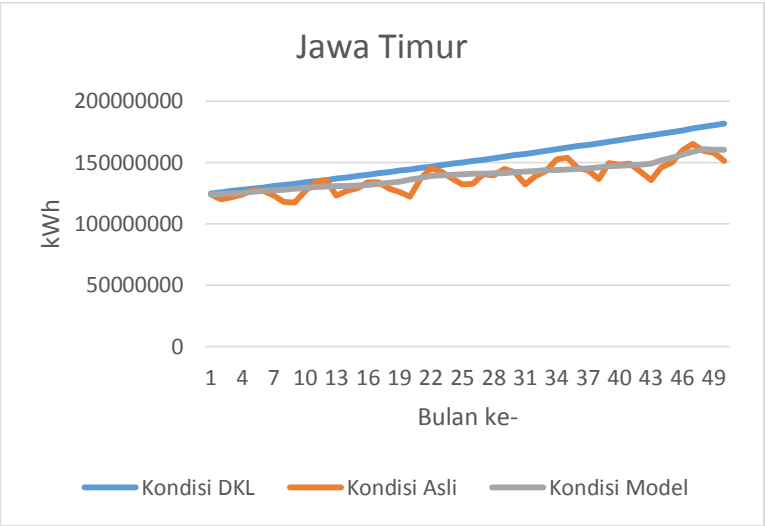
4.8.4 Jawa Timur

Tabel 4.129 merupakan hasil dari E1 dan E2 pada 2 metode.

Tabel 4.113 E1 dan E2 Dua Metode Jawa Timur

	DKL 3.2	Simulasi Dinamis
Error Mean	9,229%	1,547%
Error Variance	29,187%	13,678%

Gambar 4.116 merupakan perbandingan grafik data antara kondisi DKL, kondisi asli, dan kondisi model. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa data dai model DKL lebih menyerupai dengan data asli atau dapat dikatakan *error* dari model simulasi dinamis lebih kecil daripada *error* dari DKL.



Gambar 4.100 Perbandingan Grafik Data Tiga Kondisi Model Jawa Timur

4.8.5 Hasil Perbandingan Metode

Setelah dilakukan perbandingan antar metode dapat ditarik kesimpulan bahwa metode simulasi dinamis lebih baik daripada metode DKL. Penerapan simulasi dinamis terhadap proyeksi *demand* atau kebutuhan energi listrik mempunyai dua buah *error*, yaitu E1 dan E2 yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan metode DKL 3.2. Penerapan metode ekonometrik dalam simulasi dinamis yang menggunakan data PDRB lebih mendetail pada setiap jenis-jenis PDRB sosial dan publik dibandingkan dengan metode DKL 3.2 yang menggunakan data PDRB sektor sosial dan publik secara umum serta penggunaan *curve fitting* terhadap data PDRB di simulasi dinamis menyebabkan *error* yang didapatkan lebih kecil. Sehingga dengan pembuktian *error* yang lebih kecil, penerapan simulasi dinamis dalam perencanaan pasokan dan kebutuhan energi listrik di Jawa Timur pada masa depan lebih terencana dengan baik karena hasil proyeksi kebutuhan energi listrik yang akurat dibandingkan dengan DKL 3.2.

Dapat disimpulkan bahwa metode simulasi dinamis dengan menggabungkan metode ekonometrik didalamnya jauh lebih baik dibandingkan metode DKL 3.2 dalam memproyeksi pertumbuhan energi listrik sektor umum di masa depan. Hal ini dibuktikan bahwa hasil proyeksi metode simulasi dinamis dengan menggabungkan metode ekonometrik didalamnya memiliki E1 dan E2 jauh lebih rendah dibandingkan dengan metode DKL 3.2 sehingga metode simulasi dinamis dengan menggabungkan metode ekonometrik didalamnya yang menggunakan variabel eksternal PDRB sosial dan publik lebih mendetail melakukan pemetaan jenis-jenis sosial dan publik terhadap tarif-tarif listrik pelanggan sektor sosial dan publik di PLN lebih baik dibandingkan dengan metode DKL 3.2 yang hanya menggunakan variabel PDRB total secara umum. Namun untuk penerapan lebih lanjut harus dikaji lebih jauh dengan data yang lebih baik dan akurat, serta data yang lebih baru.



*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## LAMPIRAN

**Tabel 7.1 Contoh Data PDRB dari BPS Tahun 2012 dan 2013**

<b>Jenis PDRB</b>	<b>Triwulan (dalam juta rupiah)</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Angkutan</b>	3.789.558	3.976.833	4.179.952	4.294.558
<b>Jasa Sosial Kemasyarakatan</b>	706.928	824.936	806.982	818.792
<b>Bank</b>	1.498.268	1.566.928	1.579.265	1.612.986
<b>Lembaga Keuangan Bukan Bank</b>	785.928	827.936	856.273	859.263
<b>Pemerintahan Umum</b>	2.239.686	2.713.975	2.794.728	3.112.738

<b>Jenis PDRB</b>	<b>Triwulan (dalam juta rupiah)</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Angkutan</b>	4.587.658	4.576.688	4.553.752	4.894.718
<b>Jasa Sosial Kemasyarakatan</b>	946.283	984.636	1.179.784	1.218.722
<b>Bank</b>	1.732.288	1.868.321	1.949.165	2.013.976
<b>Lembaga Keuangan Bukan Bank</b>	985.728	947.836	956.263	988.203
<b>Pemerintahan Umum</b>	3.531.616	3.723.975	3.763.828	3.936.708

Tabel 7.2 Contoh Data Gardu Induk di Jawa Timur

Rata-rata (kV)		594	182	125	68
Tertinggi (kV)		774	253	158	96
APJ			PSR	PSR	PSR
Penyulang		Merlin Gerin	Beji	PIER A	PIER B
No Trafo			1	2	3
Trafo		Daya (MVA)	60		
		Prim (kV)	150		
		No Trf	3		
Gardu Induk		Lamongan			

Tabel 7.3 Contoh Data Demand Setiap Tarif per APJ

EVALUASI KWH TERJUAL TOTAL TAHUN 2012					
Jenis Tarif	JANUARI	PEBRUARI	MARET	APRIL	
S-1 TR 220 VA	1,584	1,584	1,584	1,584	1,584
S-2 TR s/d 450 VA I	27,663	26,750	26,099	26,335	26,335
II	17,069	16,753	16,232	16,537	16,537
III	37,205	40,763	37,789	37,307	37,307
S-2 TR s/d 900 VA I	44,973	44,940	41,961	41,831	41,831
II	53,187	52,755	52,286	52,085	52,085
III	120,705	121,032	114,827	113,971	113,971
S-2 TR 1.300 VA	257,386	243,593	251,305	250,375	250,375
S-2 TR 2.200 VA	325,670	302,434	296,350	314,704	314,704
S-2 TR 3.500 VA s/d 200 kVA	5,430,384	4,820,824	5,036,184	5,655,169	5,655,169
S-3 TM > 200 kVA	8,285,036	7,959,985	7,944,092	8,720,389	8,720,389

Tabel 7.4 Contoh Data Pelanggan Setiap Tarif

Nama Pemilik	Kodepos	Tarif	Daya	Tipe	Jumlah	Area	Status	No. Persil	UPP
MINI INDUSTRIAL ESTATE	61257	P1	2200	Kantor p	1	SURABAY, Bongkar Tetap	0		SEPANJANG
METROLOGI	00000	P1	23000	Kantor p	3	SURABAY, Beroperasi		AA0315450	INDRAPURA
MESS PURI	60242	P1	23000	Kantor p	3	SURABAY, Beroperasi		BC0751190	DUKUH KUPANG
MESS PERWIRA TNI-AL	60241	P1	2200	Kantor p	1	SURABAY, Beroperasi		BC0010462	DUKUH KUPANG
MESS KOWAL	60119	P1	3300	Kantor p	1	SURABAY, Beroperasi		0	NGAGEL
MESS KOWAD DAM V/BRW	60242	P1	13200	Kantor p	3	SURABAY, Beroperasi		BC2900554	DUKUH KUPANG
MESS KOSTRAD	60242	P1	10600	Kantor p	3	SURABAY, Beroperasi		511413188072	DUKUH KUPANG
MESS KOMPI 2 YON B	61274	P1	23000	Kantor p	1	SIDHARUC, Beroperasi		0	PORONG
MES PATT PRINGGODANI	0	P1	105000	Kantor p	3	SURABAY, Beroperasi		BB2949806	DARMO PERMAI
MEWARA AIR PDAM SBY	60155	P1	66000	Kantor p	3	SURABAY, Beroperasi		AD0236173	PERAK
MAZIDAM V/BRW.	60242	P1	33000	Kantor p	3	SURABAY, Beroperasi		BC0791896	DUKUH KUPANG

Tabel 7.5 Contoh Pengolahan Data PDRB

	2012								
	1			2			3		
(Dalam Satuan Juta Rupiah)	Januari 2012	Februari 2012	Maret 2012	April 2012	Mei 2012	Juni 2012	Juli 2012	Agustus 2012	
			7,946,229.88			8,458,706.26			
Angkutan	2,648,743.29	2,648,743.29	2,648,743.29	2,819,568.75	2,819,568.75	2,819,568.75	2,983,482.15	2,983,482.15	
Growth					6.45%			5.81%	
			2,628,167.12			2,791,726.12			
Bank	876,055.71	876,055.71	876,055.71	930,575.37	930,575.37	930,575.37	983,127.06	983,127.06	
Growth						6.22%		5.65%	
			2,121,983.41			2,216,368.93			
Lembaga Keuangan bukan Bank	707,327.80	707,327.80	707,327.80	738,789.64	738,789.64	738,789.64	815,196.33	815,196.33	
Growth					4.45%			10.34%	

**Tabel 7.6 Contoh Pengolahan Data Demand**

	Bulan	Januari 2012	Februari 2012	Maret 2012	April 2012	Mei 2012	Juni 2012	Juli 2012
		VA	47,226,070	47,667,470	47,996,770	48,484,320	48,878,220	49,160,020
TOTAL SEMUA TARIF PUBLIC DAN SOSIAL	Growth							
	VA		0.93%	0.69%	1.02%	0.81%	0.58%	0.62%
	KWH	8,640,499	8,577,998	8,715,035	8,684,021	8,953,785	8,916,971	8,787,511
	Growth							
	KWH		-0.72%	1.60%	-0.36%	3.11%	-0.41%	-1.45%
	Rupiah	6,599,683,524	6,540,790,937	6,627,747,400	6,648,045,548	6,840,370,757	6,805,333,941	6,690,200,840
	Growth							
	Rupiah		-0.89%	1.33%	0.31%	2.89%	-0.51%	-1.69%
	Jam							
	Growth							
	Jam							

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan yang diperoleh selama pengerjaan tugas akhir dan saran mengenai pengembangan yang dapat dilakukan terhadap tugas akhir ini di masa yang akan datang.

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dikembangkan model sistem simulasi dinamis untuk proyeksi kebutuhan listrik sampai tahun 2028. Dari hasil uji validasi yang dilakukan terhadap semua tarif pada 3 APJ dan total Jatim, semuanya memiliki *error mean* (E1) < 5% dan *error variance* (E2) < 30%.
2. Telah dikembangkan 3 model skenario yaitu; Skenario pertama adalah skenario *most likely*; Skenario kedua adalah skenario optimis; dan terakhir skenario pesimis.
3. Perencanaan pasokan dan kebutuhan energi listrik sektor sosial dan publik di Jawa Timur dapat dimodelkan dengan simulasi dinamis untuk perencanaan penambahan kekurangan pasokan energi listrik di masa depan.
4. Hasil proyeksi simulasi dinamis yang dikombinasikan dengan metode ekonometrik memiliki hasil lebih akurat dibandingkan metode DKL 3.2.

#### **5.2 Saran**

Penelitian pada tugas akhir ini masih memiliki kekurangan-kekurangan, apabila ada pihak atau peneliti lain yang akan mengembangkan lebih lanjut penelitian mengenai energi listrik secara umum maupun secara lebih khusus. Berikut merupakan beberapa saran untuk pengembangan sistem di masa yang akan datang:



1. Penelitian ini masih memiliki keterbatasan penggunaan data. Penelitian ini hanya dilakukan berdasarkan 1 wilayah Jawa Timur saja, sehingga pada penelitian pengembangan tugas akhir yang lain bisa dimodelkan dan disimulasikan pada wilayah lain maupun wilayah yang lebih besar, seperti seluruh Indonesia.
2. Dalam pengembangan model apabila menginginkan lebih banyak variabel yang terlibat dan berpengaruh harus dipastikan terlebih dahulu apakah datanya tersedia, sebab semakin banyak variabel yang berpengaruh maka model tersebut akan semakin sensitif.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Sorasalmi, *Dynamic Modelling of Household Electricity Consumption*, Espoo: Aalto University, 2012.
- [2] Badan Pusat Statistik, "Berita Resmi Statistik Provinsi Jatim No. 13/02/Th.XIII," Badan Pusat Statistik, Surabaya, 2015.
- [3] K. Dewayana, Hermawan and Karnoto, "Proyeksi Kebutuhan dan Penyediaan Energi Listrik di Jawa Tengah Menggunakan Perangkat Lunak LEAP," *Universitas Diponegoro*, 2007.
- [4] PT. PLN, "Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2015-2024," Perusahaan Listrik Negara, Jakarta, 2015.
- [5] Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Statistik Ketenagalistrikan 2014," Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 2015.
- [6] E. Suryani, C. Shuo-Yan and C. Chih-Hsien, "Dynamic Simulation Model of Air Cargo Demand Forecast and Terminal Capacity Planning," *The 3rd Annual Indonesian Scholars Conference in Taiwan*, 2012.
- [7] T. Jager, S. Schmidt and U. Karl, "A System Dynamics Model for The German Electricity Market Model Development and Application," *European Institute for Energy Research*, 2009.
- [8] L. Cimpian, E. Lazar and M. Gabor, "Econometric Modeling of Influence on Turnover Concerning Indicators of Information Society Across the European Union," *The Bucharest University of Economic Studies*, 2014.
- [9] W. Diah Tri, "Pendekatan Model Ekonometri untuk Peramalah Kebutuhan Listrik Periode 2005-2015 di Wilayah Malang," *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2005.
- [10] PT. PLN Distribusi Jawa Timur, "Penjualan Listrik ke

Pelanggan dan Data Gardu Induk Jawa Timur," Perusahaan Listrik Negara, Surabaya, 2016.

- [11] A. Momodu, T. Oyeibisi and T. Obilade, "Modelling the Nigeria's Electric Power System to Evaluate its Long-Term Performance," *The 30th International Conference of the System Dynamics Society*, 2012.
- [12] N. F. Ariyani and R. Sarno, "Optimasi Penempatan Gardu Induk Menggunakan Metode P-Median dan Voronoi Diagram," *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2008.

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## BIODATA PENULIS



Ardhya Perdana Putra lahir di kota Madiun tanggal 23 Juni 1994. Lulus dari SMAN 1 Madiun pada tahun 2012 dan saat ini sedang menempuh pendidikan di perguruan tinggi negeri di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di jurusan Teknik Informatika angkatan 2012.

Pernah mengikuti beberapa organisasi diantaranya Staff Kewirausahaan dan Minat Bakat Himpunan Mahasiswa Teknik Computer-Informatika 2013-2014, Kepala Bidang Kominfo UKM Merpati Putih ITS 2013-2014, Staff RTD FTIF ITS 2014-2015, dan Kepala divisi peralatan Pecinta Alam Informatika ITS. Selain itu penulis juga memiliki pengalaman kepanitiaan diantaranya, Ketua Pelaksana Seminar *ITPrenur vs Employee* 2014 dan Panitia Keamanan dan Transportasi Schematics 2014.